รหัสโครงการ SUT1-105-56-12-36

รายงานการวิจัย

การศึกษาการเกิดควาร์กกลูออนพลาสมาที่ในการทดลอง ALICE ที่ CERN (ระยะที่ 2)

(Study of quark-gluon plasma production at the ALICE experiment, CERN)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

รหัสโครงการ SUT1-105-56-12-36

รายงานการวิจัย

การศึกษาการเกิดควาร์กกลูออนพลาสมาที่ในการทดลอง ALICE ที่ CERN (ระยะที่ 2)

(Study of quark-gluon plasma production at the ALICE experiment, CERN)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชิโนรัตน์ กอบเดช

สาขาวิชาฟิสิกส์

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อายุทธ ลิ้มพิรัตน์

อาจารย์ ดร. ขรรค์ชัย โกศลทองกี่

อาจารย์ วันเฉลิม พูนสวัสดิ์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2556

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

กันยายน 2558

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ 2556 หมายเลขโครงการวิจัย SUT1-105-56-12-36

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ Dr. Stefan Rossegger, Dr. Andraes Morsch, Dr. Martin Poghosyan จาก ALICE, ดร. นรพัทธ์ ศรีมโนภาษ จาก จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย คุณอุมารัชนี แก้วบุดตา และ เจ้าหน้าที่ประสานงานในโครงการ นักศึกษาภาคฤดูร้อนเซิร์น จาก สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ

การวิจัยในระยะที่ 2 นี้ กล่าวถึงรายอะเอียดของซอฟท์แวร์ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลที่ ALICE รวมถึงการติดตั้งลงบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลของผู้ใช้ และการเข้าใช้งานผ่านระบบกริด โดยผู้ใช้สามารถส่งรหัสในการวิเคราะห์ที่ได้รับการพัฒนาและทดสอบอย่างสมบูรณ์ ไปประมวลผลยังศูนย์คอมพิวพ์เตอร์กริดที่เป็นสมาชิกของอลิซได้ทั่วโลก นอกจากนี้ ในฐานะสมาชิก แต่ละหน่วยวิจัยจะต้องเข้ามามีส่วนร่วมในการทำงานที่ ALICE อย่างไรก็ตามหน่วยวิจัยต่าง ๆ จำเป็นจะต้องเตรียมความพร้อมก่อนการเดินทางมาร่วมปฏิบัติงานที่ CERN สำหรับโครงการปรับปรุงสมรรถนะของหัววัดอลิซ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีได้เข้ามามีส่วนร่วมในการจำลองระบบการทำงานของท่อลำเลียงแสงที่ปรับปรุงใหม่ของ ALICE

คำสำคัญ ควาร์กกลูออนพลาสมา การชนของไอออนหนัก ALICE CERN กริด alien root geant aliroot service work beampipe

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Abstract

In this report, a brief description of essential software packages required to perform the data analysis at ALICE is given. We explain how to install and use the software for both personal and grid users. Once the analysis codes have been developed and tested, users can perform their analysis jobs by deploying his/her codes to available grid computing facilities around the world. As a member of the ALICE collaboration, each institute has a duty to fulfill its service task. However, there are some certain steps needed to be taken before going to CERN. For the ALICE upgrade, Suranaree University of Technology has contributed to the simulation of the upgraded beampipe in this phase.

Keywords: quark gluon plasma Heavy ion collision grid alien root geant aliroot beampipe

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

กิตติกรรมประกาศ I

บทคัดย่อ II

Abstract III

1 ระบบกริดเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลของ ALICE 1

1.1 ALiEn 2

1.1.1 การจัดทำระบบบัญชีรายชื่อของแฟ้มข้อมูล 2

1.1.2 การวางผังข้อมูล 3

1.1.3 การเก็บรวบรวมกลุ่มแฟ้มข้อมูล 3

1.1.4 การกระตุ้น (Triggers) 4

1.1.5 การจัดการและการจัดเก็บข้อมูล 4

1.1.6 ชนิดของหน่วยเก็บ 5

1.1.7 การจัดการภาระงาน 5

1.1.8 การติดตาม (Monitoring) 6

1.1.9 การเข้าร่วม AliEn GRID 6

1.2 Root 7

1.2.1 องค์ประกอบพื้นฐานของ Root 7

1.2.2 การรับค่าและแสดงผล (input/output) 8

1.2.3 เครื่องมือทางคณิตศาสตร์และสถิติ (Mathematical and statistical tools) 8

1.2.4 การแสดงผลแบบกราฟแท่ง (Histogram) 9

1.2.5 กราฟิกและการเชื่อมโยงกับผู้ใช้ (graphics and user interfaces) . . . 10

1.2.6 การจำลองแบบ (Simulation) 11

1.2.7 ตัวแปรภาษา (Interpreter) 12

1.3 Geant 12
1.4 Aliroot 13

2 การเก็บข้อมูลและการทำ service work สำหรับ ALICE ที่ CERN 17
2.1 Shift model 17
2.2 หน้าที่ใน ALICE shift 17
2.2.1 Central shifts 17
2.2.2 Central training shifts 21
2.2.3 Detector shifts 21
2.2.4 On-Call shifts 21
2.3 การเตรียมตัวก่อนเข้าทำ Shift 21
2.3.1 การสมัครเป็น ALICE member 21
2.3.2 การจอง Shift 23
2.3.3 การจองที่พักใน CERN Hostel 25
2.3.4 การขอจดหมายเชิญ (Invitation letter) 25
2.3.5 การขอวีซ่า (Schengen Visa) 27
2.3.6 การเตรียมเอกสารเพื่อสมัคร CERN User 28
2.3.7 การเตรียมตัวอื่นๆ เพิ่มเติม 29

3 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วย AliRoot 30
3.1 เกี่ยวกับ AliRoot 30
3.2 ขอบข่ายการทำงานของ AliRoot 30
3.3 ขั้นตอนการติดตั้งและชุดพัฒนาระบบ 31
3.3.1 ระบบปฏิบัติการและตัวคอมไพล์ 32
3.4 การสมัครขอ Certificate Authority (CA) จาก NECTEC 32
3.5 ระเบียบการสมัครสมาชิก CA ใน NECTEC 32
3.5.1 การเตรียมความพร้อมก่อนการติดตั้งโปรมแกรม AliRoot 35
3.5.2 การติดตั้งโปรแกรม AliRoot แบบอัตโนมัติ (แนะนำสำหรับผู้ที่เริ่มใช้งาน) 37
3.6 ส่วนประกอบซอฟแวร์ใน AliRoot 41
3.7 การทดสอบการทำงานของ AliRoot 42
3.7.1 ขอบข่ายของการจำลองแบบ 42
3.7.2 การทดสอบโปรแกรม 42
3.8 ALICE Grid Monitoring 44
3.8.1 การติดตั้ง Certificate เพื่อเข้าใช้งาน 44

3.8.2 MonALISA Repository for ALICE 47
3.8.3 MonALISA กับงานวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) 50
3.9 AliEn - ALICE Environment 51
3.10 AliEn Plugins 53

4 ผลการดำเนินงานและแผนงานในระยะต่อไป **55**
4.1 ผลการดำเนินงาน 55
4.1.1 การจำลองระบบการทำงานของท่อลำเลียงแสงที่ปรับปรุงใหม่ของ ALICE 55
4.2 แผนงานในระยะต่อไป 59

บรรณานุกรม **60**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป

1.1 การเชื่อมโยงกับผู้ใช้ของ Root สามารถทำงานได้ทั้งผ่าน GUI พิมพ์บรรทัดคำสั่งลงบนจอภาพหรือเขียนเป็นชุดคำสั่ง 7
1.2 แผนภาพแสดง classe หลักของRoot ในคลังชุดคำสั่ง 8
1.3 แผนภาพแสดงตัวอย่างกราฟแท่ง Histogram ของข้อมูลที่ได้มีการจัดหมวดหมู่หรือแบ่งเป็นช่วง (binned data) 10
1.4 ภาพแสดงตัวอย่างหน้าจอแสดงผลของ ALIEVE 11
1.5 แผนภาพแสดงการจำลองแบบที่เชื่อมโยงไปยังโปรแกรม Monte Carlo ต่าง ๆ . . 11
1.6 ภาพแสดงรูปทางกายภาพของหัววัด ALICE ที่ประกอบขึ้นจากรูปทรงเรขาคณิตต่าง ๆ 13
1.7 ภาพแสดงโครงสร้างและองค์ประกอบของ Aliroot Framework 14
1.8 ภาพแสดงโครงสร้างและองค์ประกอบของการจำลองแบบ (simulation) 15
1.9 ภาพแสดงโครงสร้างและองค์ประกอบของการสร้าง (reconstruction) 15
1.10 ภาพแสดงโครงสร้างและองค์ประกอบของ Aliroot Work Flow 16

2.1 ระบบงาน Shift แบบ Rotating system 18
2.2 ผังตำแหน่งโต๊ะทำงาน Shift ใน ARC 18
2.3 ตัวอย่างระบบแสดงผลการทำงานของ Beam line สำหรับ SL 19
2.4 ตัวอย่างระบบแสดงผลการทำงานในระบบ ECS 19
2.5 ตัวอย่างระบบแสดงผลการทำงานของระบบ DCS 20
2.6 ตัวอย่างระบบแสดงผลการทำงานของระบบ DQM 20
2.7 ตัวอย่างการกรอกแบบฟอร์มการขอสมัครเป็น ALICE member 22
2.8 แบบทดสอบที่ทำผ่านแล้ว จะมีเครื่องหมายถูกต้องสีเขียวอยู่ฝั่งด้านขวา 23
2.9 ตารางการจองวันและเวลาเพื่อเข้าทำ Shift 24
2.10 ตารางการจองวันและเวลาเพื่อเข้าทำ Shift 24
2.11 ตารางการจองวันและเวลาเพื่อเข้าอบรม Class 25
2.12 ตารางการจองวันและเวลาเพื่อเข้าทำ Shift training 25

2.13 อาคาร 38, 39 และ 41 เป็นที่พักในเขต Meyrin 26
2.14 อาคารที่พักในเขต Saint-Genis-Pouilly 26
2.15 ระบบจองออนไลน์ของ CERN Hostel 26
2.16 ตัวอย่างรายละเอียดการส่งคำร้องเพื่อขอจดหมายเชิญ 27
2.17 ตำแหน่งที่ตั้งของสำนักงาน TLSContact กรุงเทพมหานคร 29

3.1 แผนภาพแสดงขอบข่ายการทำงานของระบบ AliRoot 31
3.2 ลักษณะหน้าจอเวปไซต์ที่ใช้ในการในการสมัคร 33
3.3 ตัวอย่างของการกรอกเอกสาร 33
3.4 ตัวอย่าง e-mail ของหนังสือแสดงเจตจำนงค์ถึง NECTEC 34
3.5 ภาพแสดงรายการสำหรับเข้าดูใบรับรองผ่านบราวเซอร์ชนิด Mozila FireFox . . . 35
3.6 ภาพแสดงตัวเลือกขั้นสูงสำหรับการปรับแต่งค่าการทำงานของบราวเซอร์ชนิด Mozila FireFox 36
3.7 แถบแสดงรายการใบรับรองที่ถูกติดตั้งไว้ภายในบราวเซอร์ชนิด Mozila FireFox . . 36
3.8 ภาพตัวจัดการใบรับรอง สำหรับใบรับรองชื่อ CERN Grid Certificate 37
3.9 ภาพแสดงไฟล์กุญแจสำหรับผู้ใช้และไฟล์ใบรับรองสำหรับผู้ใช้ที่ถูกเก็บไว้ในไดเร็คทอรีชื่อ .globus เป็นที่เรียบร้อย 38
3.10 ภาพแสดงสถานะความพร้อมในการทำงานและตำแหน่งที่ใช้จัดเก็บซอฟต์แวร์สำหรับโปรแกรม AliRoot 43
3.11 ภาพแสดงไฟล์ควบคุมต่าง ๆ สำหรับการทำงานของอุปกรณ์ตรวจวัดทางเดินของอนุภาคชั้นใน (ITS) 43
3.12 ภาพแสดงขั้นตอนการสร้างวัตถุสำหรับการจำลองโดยใช้ขอบข่าย AliRoot เป็นตัวกำหนด 44
3.13 ภาพแสดงไฟล์ผลลัพธ์จากการจำลองแบบ 44
3.14 แผนที่แสดงตำแหน่งระบบคอมพิวเตอร์ที่เข้าร่วม ALICE grid 45
3.15 แผนที่แสดงตำแหน่งระบบคอมพิวเตอร์ที่เข้าร่วม ALICE grid ในประเทศไทย 45
3.16 แสดง Grid user certificate ที่ติดตั้งแล้ว 46
3.17 เข้าไปดาวน์โหลดไฟล์ Certificate Authority ทั้งสองตัว 46
3.18 แสดง Certification authority ที่ติดตั้งแล้ว 46
3.19 หน้าจอแสดงการทำงานโดยรวมของ ALICE GRID 47
3.20 ตารางแสดงข้อมูลพร้อมเงื่อนไขในแต่ละการรัน 48
3.21 ตารางแสดงข้อมูลพร้อมเงื่อนไขในแต่ละการรัน 48
3.22 ตารางแสดงข้อมูลพร้อมเงื่อนไขในแต่ละการรัน 49
3.23 ตารางแสดงข้อมูลพร้อมเงื่อนไขในแต่ละการรัน 49

3.24 แสดงแฟ้มที่เก็บข้อมูลของผู้ใช้ในระบบกริด 50
3.25 แสดงสถานะประมวลผลงานที่สั่งไปในระบบกริด 51
3.26 แสดงขบวนงาน (Train) แต่ละประเภท 51
3.27 แสดงขบวนงานของการทดลองประเภท Pb-Pb 52
3.28 แสดงการเชื่อมต่อกับระบบ ALICE Environment 52
3.29 ตัวอย่าง รายละเอียดในไฟล์ configuration 53
3.30 ตัวอย่าง รายละเอียดในไฟล์มาโคร สำหรับสั่งทำงานบนกริด 54

4.1 ภาพวาดแสดงท่อลำเลียงที่ปรับปรุงใหม่ของ ALICE 56
4.2 การสร้างภาพ 3 มิติของ Beampipe และการปรับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ 57
4.3 ภาพ Beampipe และ ITS ที่ใช้ในการจำลองการเคลื่อนที่ผ่านของอนุภาค 57
4.4 a) ภาพภาคตัดขวางของ Beampipe และ ITS b) ภาพแสดงจำนวนอนุภาคที่วัดได้ จาก IP ถึง ชั้นนอกสุดของ ITS 58
4.5 ภาพแสดงผลการจำลองเพื่อหาความยาวที่เหมาะสมของส่วนที่เป็นแบริลเลียม . . . 58
4.6 ภาพแสดงการเปรียบเทียบผลของการใช้แบริลเลียมและอลูมิเนียมเทียบกับค่าทางทฤษฎีในการทำให้เกิดรังสีแกมมา ทางด้าน A 58

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1

ระบบกริดเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลของ ALICE

ALICE (A Large Ion Collider Experiment) [1] เป็นเครื่องตรวจหาอนุภาคที่ออกแบบเฉพาะสำหรับการศึกษาการชนกันของไอออนหนักของเครื่องเร่งอนุภาค LHC ที่ CERN โดยจะทำหน้าที่ตรวจสอบหาความจริงเกี่ยวกับอันตรกิริยาอย่างแรงของสสารที่ความหนาแน่นพลังงานสูงและปรากฏการณ์การเปลี่ยนสถานะเป็นพลาสมาของควาร์ก-กลูออน ในการชนกันของไอออนหนักแต่ละครั้งจะเกิดกระบวนการสร้างและทำลายอนุภาคชนิดต่าง ๆ ไม่น้อยกว่า 10,000 อนุภาค ซึ่งแต่ละกระบวนการที่เกิดขึ้นล้วนแต่มีความซับซ้อนแตกต่างกัน การศึกษาทำได้โดยการจำลองกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากข้อมูลจำนวนมากที่รวบรวมได้จากการทดลอง

การวิเคราะห์ผลของ ALICE จึงต้องใช้ระบบกริด ซึ่งทำให้สามารถใช้ทรัพยากรของศูนย์คอมพิวเตอร์ที่เข้าร่วมในโครงการที่กระจายอยู่ตามประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกได้โดยผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ทั้งนี้การเชื่อมต่อกันผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ผู้ใช้ต้องมีการติดตั้งชุดโปรแกรมต่าง ๆ ดังนี้

1) AliEn เป็นชุดของมิดเดิลแวร์ที่ออกแบบโดยความร่วมมือของกลุ่มนักวิจัยของ ALICE
2) Root เป็นโปรแกรมเชิงวัตถุสำหรับการวิเคราะห์และประมวลผลโดย ROOT นั้นถูกพัฒนาด้วย C++ และมีตัวแปลคำสั่งที่เรียกว่า CINT (CC++ interpreter)
3) Geant เป็นแพลตฟอร์มสำหรับสร้างแบบจำลองทางเดินของอนุภาคผ่านหัววัดด้วยวิธี Monte Carlo
4) AliRoot เป็นชุดคำสั่งใช้งานเฉพาะทางของหัววัด ALICE ที่มีพื้นฐานอยู่บน Root โดยปัจจุบันถูกแบ่งออกเป็น Aliroot Core ซึ่งเป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของหัววัด และ Aliphysics ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้วิเคราะห์ผลทางฟิสิกส์

1.1 ALiEn

AliEn (ALICE Environment) เป็นชุดของมิดเดิลแวร์ที่ออกแบบโดยความร่วมมือของกลุ่มนักวิจัยของ ALICE มาตั้งแต่ปีพ.ศ. 2543 เพื่อนำไปใช้บนระบบกริด จุดเด่นของ AliEn คือการเชื่อมต่อประสานและใช้งานร่วมกับระบบกริดอื่น ๆ โดยสามารถใช้คำนวณงานแบบมอนติคาร์โลและการวิเคราะห์ข้อมูลของผู้ใช้งาน ส่วนประกอบพื้นฐานของ AliEn มีดังนี้

- ระบบการจัดทำรายชื่อของแฟ้มข้อมูล
- ระบบจัดการข้อมูลสำหรับการถ่ายโอนและการจัดเก็บ
- การพิสูจน์สิทธิ์และการอนุญาตให้เข้าใช้
- ระบบจัดการภาระงาน
- การต่อประสานไปยังระบบกริดอื่นๆ เช่น gLite [4]
- การต่อประสานกับ ROOT
- ระบบตรวจสอบการทำงาน

นอกจากกลุ่มวิจัยของ ALICE แล้ว ยังมีกลุ่มวิจัยอื่นที่นำ AliEn ไปใช้อีกเช่น PANDA [5] เป็นต้น

1.1.1 การจัดทำระบบบัญชีรายชื่อของแฟ้มข้อมูล

ระบบบัญชีรายชื่อของแฟ้มข้อมูลเป็นหัวใจสำคัญอันหนึ่งของ AliEn ซึ่งตัว AliEn เองนั้นไม่ได้มีสิทธิ์ในแฟ้มข้อมูลทุกๆแฟ้ม แต่จะมีระบบจัดทำแผนที่ว่าแฟ้มข้อมูลถูกจัดเก็บอยู่ที่ใดเพื่อให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ แฟ้มข้อมูลแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

1) Physical File Names (PFN) ซึ่งสามารถจัดเก็บซ้ำๆไว้ได้หลายที่ โดยระบบจะเก็บตำแหน่งของแฟ้มข้อมูล ชื่อหน่วยบันทึกข้อมูลและรายละเอียดของเส้นทางการเข้าถึง
2) Logical File Names (LFN) ซึ่งผู้ใช้สามารถจัดการเองได้โดย LFN ที่แตกต่างกันสามารถชี้ไปยัง PFN เดียวกัน และเพื่อป้องกันการมีรายชื่อซ้ำกัน แต่ละ LFN ตรวจสอบข้อมูลกับ Globally Unique Identifier (GUID)

การต่อประสานกับแฟ้มข้อมูลบน AliEn จะมีลักษณะเป็นลำดับชั้นของแฟ้มข้อมูลและสารบบ (directory) เหมือนกับระบบแฟ้มข้อมูลของ UNIX ระบบบัญชีรายชื่อนี้จะถูกเรียกใช้จากทุก ๆ ส่วนของ AliEn โดยระบบจะมีรายละเอียดของข้อมูลทุกอย่างและชุดโปรแกรมต่าง ๆ ที่ใช้สำหรับการจำลองและการวิเคราะห์ผล ผลของการคำนวณที่ได้ออกมานั้นก็จะถูกบันทึกในระบบบัญชีรายชื่อนี้ด้วย ภายใต้ /proc/<jobid> ระบบบัญชีรายชื่อยังเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้กำกับและอธิบายข้อมูล (metadata) และการกระตุ้น (trigger) ต่าง ๆ ที่ใช้ในการจัดการข้อมูลแบบอัตโนมัติเมื่อมีการกระทำกับตารางในฐานข้อมูล เช่น การเพิ่ม (insert), การแก้ไข (update), การลบ (delete) หรือ การประมวลผลอีกด้วย หัวข้อถัดไปจะกล่าวถึงรายละเอียดของส่วนต่าง ๆ ในการจัดทำรายชื่อของแฟ้มข้อมูล

1.1.2 การวางผังข้อมูล

บัญชีรายชื่อของแฟ้มข้อมูลถูกสร้างอยู่บนฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ ที่มีการออกแบบให้สามารถแบ่งฐานข้อมูลออกเป็นส่วนย่อยต่าง ๆ ได้ ฐานข้อมูลจึงอาจถูกจัดเก็บไว้บนเครื่องหลายเครื่องได้ ซึ่งวิธีนี้จะช่วยในเรื่องการขยายหรือลดขนาดของฐานข้อมูล ผู้ใช้ทั่วไปจะมองเห็นโครงสร้างของบัญชีรายชื่อเป็นเพียงหน่วยเดียว แต่โครงสร้างภายในของระบบจะมีการแยกกันระหว่างบัญชีรายชื่อของ LFN กับ GUID โดยจะถูกจัดเก็บไว้บนฐานข้อมูลที่เป็นอิสระต่อกัน ทุก ๆ ฐานข้อมูลของ LFN จะมีตารางดัชนีระบุชื่อฐานข้อมูลและตารางที่มีข้อมูลเกี่ยวกับแฟ้มหรือสารบบ โดยตารางจะบอกถึงรายละเอียดของ LFN เช่น เจ้าของ กลุ่ม วันที่ ขนาด GUID เป็นต้น นอกจากนี้ผู้ใช้ยังสามารถกำหนดตารางที่มีข้อมูลที่ใช้กำกับและอธิบายข้อมูลหลักหรือกลุ่มของข้อมูลอื่น (metadata) ได้ โครงสร้างของ GUID ในระบบบัญชีรายชื่อก็มีลักษณะที่คล้ายกัน โดยตารางแรกเป็นดัชนี (index) ชี้ไปยังตารางและฐานข้อมูลที่มีค่าเฉพาะของ GUID ซึ่งดัชนีนี้ได้ถูกคำนวณจากเวลาที่ถูกสร้างขึ้น ดังนั้น GUIDs ที่ถูกสร้างขึ้นในเวลาเดียวกันมีแนวโน้มที่จะอยู่บนฐานข้อมูลเดียวกัน แต่ละ GUID จะมีรายการ 2 รายการที่ระบุถึงหน่วยเก็บข้อมูลที่ใช้บันทึกข้อมูล โดยรายการแรกเป็นรายการของหน่วยบันทึกข้อมูลที่มี GUID และสามารถสร้าง PFN ได้ ในขณะที่รายการที่สองเป็นหน่วยบันทึกข้อมูลที่ไม่สามารถสร้าง PFN ได้ ซึ่งในกรณีนี้จะมีการจัดเก็บ PFN ไว้ในบัญชีรายชื่อส่วนกลาง การแปลจาก LFN ไปเป็น PFN มีขั้นตอนดังนี้

- หาดัชนีสำหรับฐานข้อมูลที่เก็บ LFN
- แปลจาก LFN เป็น GUID
- หา GUID ในดัชนีของ GUID
- รวบรวม PFN ทุกแฟ้มจาก GUID

ประโยชน์ที่ได้จากการแปลนี้ได้แก่ ความสามารถที่จะใช้งาน GUID ได้โดยตรงหาก GUID มีการทำซ้ำ ก็ยังไม่ต้องปรับปรุงหรือแก้ไข LFN ในฐานข้อมูล แต่ทุก ๆ LFN ที่ชี้ไปยัง GUID นั้นจะรู้ว่ามีการทำซ้ำเกิดขึ้น และหากผู้ใช้ต้องการเปลี่ยนชื่อของ LFN ด้วยตนเองก็จะไม่ส่งผลกระทบกับบัญชีรายชื่อของ GUID ที่มีอยู่แต่อย่างใด อย่างไรก็ตามข้อเสียของวิธีการแยก LFN และ GUID ออกจากกันคือ หากมีการลบแฟ้มข้อมูลหรือรายการอ้างอิงต่าง ๆ ที่ชี้ไปยัง GUID จากบัญชีรายชื่อของ LFN อาจทำให้มี GUID ไม่ได้ถูกลบตามไปด้วยและทำให้เหลือตกค้างอยู่ วิธีแก้ไขคือการนับจำนวน LFN ที่ชี้ไปยัง GUID ให้เป็นปัจจุบัน ซึ่งวิธีนี้นอกจากจะใช้เวลาในการดำเนินการแล้วยังส่งผลให้ระบบทำงานในส่วนอื่น ๆ ช้าลงอีกด้วย ซึ่งใน AliEn ได้มีวิธีแก้ไขคือเพิ่มการหน่วงเวลาในการปรับฐานข้อมูลไม่ให้เกิดขึ้นทุกครั้งที่มีผู้ใช้มีการเปลี่ยนแปลง แต่จะปรับปรุงฐานข้อมูลพร้อมกันเป็นช่วง ๆ

1.1.3 การเก็บรวบรวมกลุ่มแฟ้มข้อมูล

AliEn สนับสนุนการเก็บรวบรวมกลุ่มแฟ้มข้อมูลที่กำหนดโดยผู้ใช้ ซึ่งในแต่ละหน่วยอาจเป็นกลุ่มของ LFN หรือ GUID ก็ได้ ผู้ใช้สามารถกำหนดจำนวนหน่วยในกลุ่มของแฟ้มข้อมูลได้ไม่จำกัด กลุ่มของแฟ้มข้อมูลมีลักษณะเหมือนแฟ้มข้อมูลทั่ว ๆ ไป โดยขนาดของกลุ่มนั้นมีค่าเท่ากับผลรวมของแฟ้มที่เป็นองค์

ประกอบภายในแต่ละตัว AliEn มีคำสั่งเฉพาะในการแสดง เพิ่มหรือลบแฟ้มในแต่ละกลุ่ม และถ้ามีคำสั่งใดสั่งให้กระทำการกับกลุ่ม คำสั่งนั้นจะดำเนินการกับทุก ๆ หน่วยของแฟ้มในกลุ่มนั้น ๆ ทั้งหมด นอกจากนี้จุดเด่นที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ ในการจัดการภาระงาน ผู้ใช้สามารถใช้เพียงคำสั่งเดียวก็สามารถจัดการแฟ้มข้อมูลจำนวนมากได้ และยังช่วยในการแบ่งงานคำนวณขนาดใหญ่ออกเป็นงานคำนวณย่อย ๆ ได้อีกด้วย

1.1.4 การกระตุ้น (Triggers)

ผู้ใช้ AliEn สามารถกำหนดการกระทำใด ๆ ได้โดยอัตโนมัติหากฐานข้อมูลมีการการเพิ่ม แก้ไข หรือ ลบ ซึ่งในขณะนี้สามารถกระทำได้บน LFN เท่านั้น โดยก่อนอื่นผู้ใช้จะต้องลงทะเบียนในระบบบัญชีรายชื่อของแฟ้มข้อมูลโดยแนบแฟ้มคำสั่งที่ต้องการจะดำเนินการ หลังจากนั้นผู้ใช้ต้องเชื่อมโยงระหว่างการกระตุ้นกับสารบบในบัญชีรายชื่อกับชนิดของการเปลี่ยนแปลงของฐานข้อมูลที่เกิดขึ้น (เพิ่ม แก้ไข หรือ ลบ) ในขณะนี้ ALICE ใช้กลไกการกระตุ้นสำหรับการสำรองข้อมูลไปยังหน่วยเก็บข้อมูลทันทีเมื่อแฟ้มข้อมูลผลการทดลองใหม่ ๆ เข้าสู่สารบบ

1.1.5 การจัดการและการจัดเก็บข้อมูล

แบบจำลอง

หากมีความจำเป็น AliEn สามารถเข้าถึงแฟ้มข้อมูลได้ทั่วโลกและจากทุกที่ในโลก แต่เพื่อความเหมาะสมในการจัดการ งานที่ต้องการคำนวณจะถูกจัดให้อยู่ใกล้กับหน่วยเก็บข้อมูลที่ต้องการใช้มากที่สุด ยกเว้นมีการร้องขอหน่วยเก็บข้อมูลบางแห่งเป็นกรณีพิเศษ แฟ้มข้อมูลจะถูกอ้างถึงจากผู้ใช้เป็น LFN หรือ GUID ส่วนตำแหน่งของหน่วยเก็บข้อมูลและ PFN นั้นจะถูกคัดเลือกจากระบบส่วนกลางของ AliEn โดยพิจารณาจากตำแหน่งของผู้ใช้ที่ร้องขอเป็นหลัก

โพรโทคอลการเข้าถึง

AliEn แยกวิธีการเข้าถึงแฟ้มข้อมูลตามลักษณะของการใช้งานเป็นแบบกลุ่มและโต้ตอบ (batch and interactive) กับแบบถ่ายโอนตามกำหนดเวลา (scheduled file transfer) ในกรณีการเข้าถึงแฟ้มข้อมูลแบบกลุ่มและโต้ตอบจะใช้ xrootd [6] ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มซอฟต์แวร์ Scalla [7] โดย xrootd นั้นได้ถูกรวมไว้ในชุดโปรแกรม ROOT ที่ใช้โดยกลุ่มนักวิจัยที่ ALICE ซึ่งเห็นว่า xrootd มีความเหมาะสมมากสำหรับการวิเคราะห์ผลการทดลองที่ต้องการการเข้าถึงแฟ้มข้อมูลจากระยะไกล เนื่องจากมีลักษณะดังต่อไปนี้

- การเชื่อมต่อแบบมัลติเพล็กซ์
- คำร้องขอการอ่านแบบเวกเตอร์
- มีสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถเพิ่มโปรแกรมเสริม (plugin) ในส่วนของการเพิ่มสมรรถนะและการรักษาความปลอดภัยของระบบแฟ้มข้อมูล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

- มีความคงทนต่อความเสียหายเนื่องจากใช้กลไกการทำใหม่อัตโนมัติ
- การตอบสนองที่ไม่ต้องหยุดรอคอยการประมวลของเครื่องแม่ข่าย เนื่องจากการติดต่อแบบไม่ประสานเวลา (asynchronous) และการส่งต่อไปยังเครื่องแม่ข่ายอื่น

ผู้ใช้สามารถใช้คำสั่ง xrdcp ในการคัดลอกแฟ้มข้อมูล และเข้าถึงแฟ้มข้อมูลบางส่วนได้ตามมาตรฐาน POSIX นอกจากนี้ ROOT ยังมีโปรแกรมเสริมพิเศษ ที่ชื่อ TXNetFile สำหรับการเข้าถึงแฟ้มข้อมูลของ xrootd แบบเวกเตอร์ สำหรับการเข้าถึงข้อมูลแบบถ่ายโอนตามกำหนดเวลาจะใช้ AliEn FTD (File Transfer Daemon) ซึ่งวิธีการกำหนดรูปแบบการใช้งานจะขึ้นกับแต่ละระบบของหน่วยเก็บข้อมูล นอกจากนี้ยังสามารถใช้กริดมิดเดิลแวร์อื่น ๆ ได้ เช่น gLite FTS (File Transfer Service) GLOBUS GRIDFTP [8] และ SRM [9]

1.1.6 ชนิดของหน่วยเก็บ

การจัดการข้อมูลมีพื้นฐานอยู่บนเทคโนโลยี 4 แบบดังนี้

- CERN Advanced STORage manager (CASTOR) [10]
- dCache [11]
- Disk Pool Manager (DPM) [12]
- Scalable Cluster Architecture for low latency access (Scalla/xrootd)

CASTOR2 และ dCache เป็นระบบที่ใช้ในศูนย์ Tier-0 และ Tier-1 ที่มีการสำรองข้อมูลด้วยเทป ส่วน DPM และ Scalla ส่วนใหญ่จะใช้ที่ศูนย์ Tier-2 และในขณะนี้กำลังมีการพัฒนาเพื่อที่จะใช้ xrootd บน CASTOR2, dCache และ DPM เพื่อที่จะให้โปรแกรมประยุกต์ต่าง ๆ สามารถใช้ xrootd เป็นโพรโทคอลหลักในการเข้าถึงข้อมูลสำหรับหน่วยเก็บทุก ๆ แบบ โดยระบบทั้ง 3 ข้างต้นนี้ต่างก็มีโปรแกรมต่อประสานแบบ SRM และโพรโทคอล GRIDFTP สำหรับเครือข่ายบริเวณกว้าง (Wide Area Network : WAN)

1.1.7 การจัดการภาระงาน

การจัดการภาระงานของ AliEn ใช้ระบบ Job Agents (JA) โดยผู้ใช้สามารถเขียนคำสั่งของงานด้วย Job Description Language (JDL) แล้วส่งงานไปยังเครื่องแม่ข่ายส่วนกลางของ AliEn ที่นี่มีระบบคิวที่ทำหน้าจัดลำดับความสำคัญและตรวจสอบเงื่อนไขต่าง ๆ ที่ผู้ใช้ต้องการ ในขณะเดียวกันระบบ Job Broker จะทำหน้าที่จับคู่ระหว่างทรัพยากรทางคอมพิวเตอร์ที่มีกับความต้องการการใช้งาน โดยจะตรวจสอบกับข้อมูลสมรรถนะและสภาพการใช้งานในเวลานั้นของศูนย์คอมพิวเตอร์ต่าง ๆ ในโครงการ ALICE ผ่านทาง Computing Element (CE) หากเข้ากันได้ Job Broker จะแจ้งให้ส่ง JA เข้าไป อย่างไรก็ตามหากงานยังไม่ได้ถูกกำหนดว่าให้ไปคำนวณที่ใดและมี CE มากกว่า 1 แหล่งที่สามารถใช้งานได้ Job Broker ก็จะสั่งเริ่ม JA ไปพร้อม ๆ กัน เมื่อ JA เริ่มทำงานบน Worker Node (WN) ขั้นตอนแรกจะเป็นการตรวจสอบความพร้อมและสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ของระบบก่อน หากไม่มีปัญหา JA จะส่งรายละเอียดของระบบ เช่น เนื้อที่ว่างบนจานบันทึก หน่วยความจำ สถาปัตยกรรมของเครื่อง ระบบปฏิบัติการ และโปรแกรมต่าง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ๆ ที่ติดตั้งไว้กลับไปยัง Job Broker หากเงื่อนไขต่าง ๆ สอดคล้องตามความต้องการของงานที่รออยู่ในคิว Job Broker ก็จะส่งงานให้กับ JA เพื่อทำการคำนวณและเมื่อคำนวณแล้วเสร็จ JA ก็จะทำการบันทึกผลลงในระบบบัญชีรายชื่อและร้องของานคำนวณชิ้นต่อไป ซึ่งหากไม่มีงานที่จะคำนวณต่อ JA ก็จะหมดหน้าที่และหยุดการทำงาน การใช้ JA ช่วยปรับปรุงระบบการทำงานให้ดีขึ้นในหลาย ๆ ด้านดังนี้ ประการที่หนึ่ง JA ช่วยลดโอกาสที่งานคำนวณจะล้มเหลว เนื่องจากมีการตรวจสอบความพร้อมของระบบและ WN ก่อนการส่งงานไปคำนวณ นอกจากนั้นยังช่วยลดเวลาระหว่างการส่งงานกับการกระทำการ เนื่องจาก JA สามารถเริ่มได้หลายที่สำหรับงานคำนวณเดียวกัน แต่ระบบใดที่มีความพร้อมกว่าและตอบสนองได้เร็วที่สุดก็จะถูกเลือกให้ทำการคำนวณงานนั้นไป ประการสุดท้าย เนื่องจากแต่ละ JA สามารถกระทำการคำนวณงานได้มากกว่าหนึ่งงาน ดังนั้นจึงช่วยลดภาระในการส่งผลคำนวณกลับไปกลับมาระหว่างระบบได้ ถึงแม้ว่าการใช้ JA จะมีข้อดีดังกล่าวข้างต้น แต่การใช้ JA ก็เป็นการเพิ่มภาระให้กับ Job Broker ที่ต้องสื่อสารกับ CE ต่าง ๆ ก่อนจะทำการคำนวณจริง อย่างไรก็ตามขั้นตอนที่เพิ่มขึ้นก็ไม่ได้ทำให้เครื่องแม่ข่ายต้องแบกรับภาระมากจนเกินไป

1.1.8 การติดตาม (Monitoring)

การติดตามการทำงานของ AliEn นั้นใช้ระบบที่เรียกว่า MonALISA [13] และใช้ ApMon [14] ในการส่งข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับรายละเอียดและบริการต่าง ๆ ของเครื่องแม่ข่าย นอกจากนี้ยังให้ข้อมูลอื่นเช่น การใช้งานของหน่วยประมวลผลและหน่วยความจำ เวลาที่โปรเซสเซอร์ใช้ในการประมวลผลแฟ้มข้อมูลที่เปิดใช้อยู่ และปริมาณการใช้เครือข่าย โดยแต่ละหน่วยงานที่เข้าร่วมกริดของ AliEn จะต้องจัดคอมพิวเตอร์เชื่อมโยงเฉพาะที่เรียกว่า VOBox [15] หรือ VO node เพื่อทำหน้าที่ดังกล่าว การติดตามภาพรวมทั้งหมดของ AliEn บนระบบกริดสามารถเข้าดูได้ที่ MonALISA Repository [15]

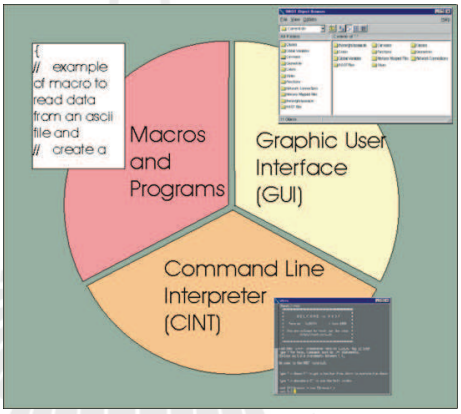
1.1.9 การเข้าร่วม AliEn GRID

กลุ่มวิจัยทางด้านฟิสิกส์อนุภาคที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ได้ทำงานวิจัยเกี่ยวกับแบบจำลอง ควาร์กและการชนของไอออนหนักมาอย่างต่อเนื่องนับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 ต่อมาเมื่อวันที่ 18 พฤศจิกายน พ.ศ. 2553 กลุ่มวิจัย ALICE ได้เริ่มทำการทดลองตรวจวัดการชนกันของไอออนตะกั่วเป็นครั้งแรก ทางผู้วิจัยจึงได้ติดต่อไปเพื่อต้องการนำข้อมูลการทดลองมาวิเคราะห์ผ่านทางระบบกริดของ AliEn GRID โดยเฟสแรกเป็นการเตรียมการเชื่อมต่อระบบของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (SUT) เข้ากับเครื่องแม่ข่ายหลักส่วนกลางของ ALICE โดยมีศูนย์เทคโนโลยีอิเลิกทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) เป็นผู้ออกใบรับรองการเชื่อมต่อกริด (Certificate Authority) และเฟสที่ 2 เป็นการศึกษาระบบ software เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผล

1.2 Root

เป็นโปรแกรมเชิงวัตถุสำหรับการวิเคราะห์และประมวลผลสำหรับข้อมูลขนาดใหญ่ มีประสิทธิภาพสูง สามารถรองรับข้อมูลได้ตั้งแต่ขนาดกิโลไบต์ถึงเพตะไบต์ Root ถูกพัฒนาขึ้นจากภาษา C++ โดยนักวิทยาศาสตร์ที่ CERN ในปี 1995 [19] เพื่อใช้ทดแทนโปรแกรม Physics Analysis Workstation (PAW) เดิมที่เป็นภาษา FORTRAN

Root ถูกใช้ในงานหลากหลายประเภททางด้านการวิเคราะห์ผลเชิงตัวเลข ได้แก่ การวาดแผนภูมิแท่งสี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือ histogram ในหลายมิติ การทำ data fitting และการสร้างแบบจำลอง โดยสามารถใช้งานผ่าน GUI (Graphical User Interface) ซึ่งเป็นการใช้ภาพเป็นตัวประสานกับผู้ใช้ให้มีความสะดวกในการใช้งาน สามารถใช้บนระบบคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูงที่มีหลายหน่วยประมวลผลพร้อม ๆ กันได้ นอกจากนี้ยังสามารถใช้ได้บนหลายระบบปฏิบัติการ ทั้ง Linux, Mac และ Windows ผู้ใช้สามารถทำงานได้ทั้งผ่าน GUI พิมพ์บรรทัดคำสั่งลงบนจอภาพ หรือ เขียนเป็นชุดคำสั่ง (script) ก็ได้ ซึ่งชุดคำสั่งก็จะถูกแปลแล้วนำไปประมวลผลได้



รูปที่ 1.1: การเชื่อมโยงกับผู้ใช้ของ Root สามารถทำงานได้ทั้งผ่าน GUI พิมพ์บรรทัดคำสั่งลงบนจอภาพหรือเขียนเป็นชุดคำสั่ง

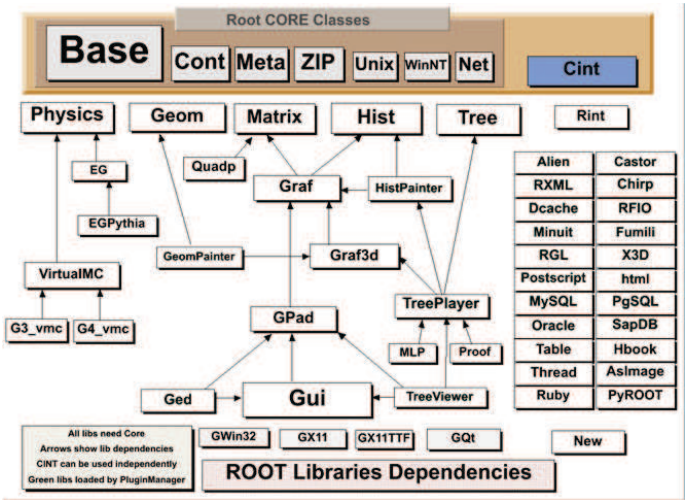
(ที่มา:http://root.cern.ch)

Root มีคลังชุดคำสั่ง (libraries) ที่เก็บรวบรวมชุดคำสั่งหรือโปรแกรมต่าง ๆ ซึ่งแปลไว้เป็นภาษาเครื่องมากกว่า 3,000 classes โดยคลังชุดคำสั่งเหล่านี้จะถูกเรียกใช้ตามความต้องการของผู้ใช้ในลักษณะ plug-in สิ่งสำคัญประการหนึ่งของ Root คือ เป็นโครงการที่อยู่ภายใต้โครงการซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ซ (open source project) ที่สามารถใช้โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายและเปิดโอกาสให้บุคคลอื่นนำเอาระบบนั้นไปพัฒนาต่อได้ แต่ต้องปฏิบัติตามเงื่อนไขของ GNU LESSER GENERAL PUBLIC LICENSE (LGPL) [22]

1.2.1 องค์ประกอบพื้นฐานของ Root

องค์ประกอบพื้นฐานของ Root ประกอบด้วย 6 ส่วน คือ

- การรับค่าและแสดงผล (input/output)



รูปที่ 1.2: แผนภาพแสดง classe หลักของRoot ในคลังชุดคำสั่ง
(ที่มา:http://root.cern.ch)

- เครื่องมือทางคณิตศาสตร์และสถิติ (Mathematical and statistical tools)
- การแสดงผลแบบกราฟแท่ง (Histogram)
- กราฟฟิกและการเชื่อมโยงกับผู้ใช้ (graphics and user interfaces)
- การจำลองแบบ (Simulation)
- ตัวแปรภาษา (Interpreter)

1.2.2 การรับค่าและแสดงผล (input/output)

Root จะเก็บค่าในรูปของ โปรแกรมเชิงวัตถุในลักษณะของ C++ และ EXtensible Markup Language(XML)

- *TFILE* เป็น คำสั่งที่ใช้ในการอ่านและเขียนแฟ้มข้อมูล ซึ่งสามารถเปิดข้อมูลผ่าน HTTP ได้โดยไม่มีเงื่อนไขพิเศษอื่น ๆ อีก ในแต่ละ *TFILE* สามารถมี directory ต่าง ๆ อยู่ภายในได้
- *Tree* ถูกออกแบบมาเพื่อรองรับข้อมูลเชิงวัตถุขนาดใหญ่ มีโครงสร้างย่อยเรียกว่า branches และ leaves ซึ่งหากผู้ใช้สนใจเพียง branches ใดก็สามารถเรียกดูได้ โดย branches อื่น ๆ จะถูกปิดไว้ทำให้การวิเคราะห์ข้อมูลสามารถทำได้เร็วขึ้น *Tree* สามารถถูกเรียกใช้โดยคำสั่ง *TBrowser* และ *TTreeViewer*

1.2.3 เครื่องมือทางคณิตศาสตร์และสถิติ (Mathematical and statistical tools)

Root มีเครื่องมือทางคณิตศาสตร์และสถิติ รวมรวบไว้จำนวนมากสามารถเรียกใช้งานด้วยคำสั่งที่ไม่ซับซ้อน เครื่องมือต่าง ๆ ที่ช่วยในการคำนวณเชิงตัวเลขจะถูกเก็บไว้ใน *MathCore* ประกอบด้วย

- *TMath* และ *ROOT::Math* มี ฟังก์ชันพิเศษต่าง ๆ ที่ไม่มีอยู่ใน C++ และ ฟังก์ชันการกระจายเชิงสถิติ ตามปกติ เช่น ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น เป็นต้น

- *TRandom* สำหรับสร้างตัวเลขแบบสุ่ม
- การหาอนุพันธ์ การอินทิเกรต การหาค่าน้อยสุดแบบเบื้องต้นใน 1 มิติ
- การหาค่าที่เหมาะสมสำหรับข้อมูล (fitting) และ การประมาณค่าฟังก์ชันใน 1 หรือหลายมิติ

MathMore เป็นคลังข้อมูลเสริมจาก *MathCore* โดยวางอยู่บน GNU Scientific Library (GSL) [23] ประกอบด้วยฟังก์ชันพิเศษต่าง ๆ ได้แก่ Bessel, elliptic integral, Laguerre และ Legendre สำหรับการหาค่าที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลและการหาค่าน้อยสุด สามารถเรียกใช้ *Minuit* [24] และใช้ *TLinearFitter* สำหรับการหาค่ากำลังสองน้อยที่สุดที่เหมาะสมสำหรับข้อมูล (least square fitting)

- *TMatrix* และ *TVector* ใช้สำหรับการคำนวณสมการเชิงเส้นและปัญหาค่าลักษณะเฉพาะ (eigen value problem) ในกรณีของ เมตริกซ์และเวกเตอร์ *Tvector3* และ *TLorentzVector* ใช้อธิบายเวกเตอร์ในทางฟิสิกส์ ทั้งแบบ 2, 3 และ 4 มิติ

นอกจากนี้ยังมีชุดคำสั่งอื่น ๆ สำหรับคณิตศาสตร์และสถิติ เช่น

- *Unuran* Universal Non-Uniform Random Number generator [25]
- *Foam* A general Purpose Cellular Monte Carlo Event Generator [26]
- *FFTW* The ”Fastest Fourier Transform in the West” [27]
- *TMVA* Toolkit for multivariate data analysis [28]
- *Roofit* Toolkit for Data Modeling with ROOT [29]
- *RooStats* advanced statistical tools needed by LHC experiments [30]

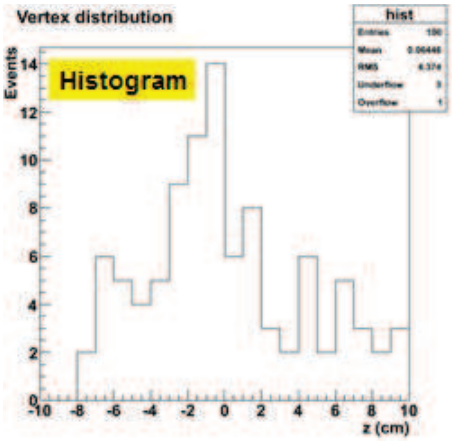
1.2.4 การแสดงผลแบบกราฟแท่ง (Histogram)

เป็นการใช้วิธีทางสถิติในการวิเคราะห์ผลของข้อมูลจำนวนมาก โดยข้อมูลที่ใช้สามารถแบ่งได้เป็นสองลักษณะ คือ ข้อมูลที่ได้มีการจัดหมวดหมู่หรือแบ่งเป็นช่วง (binned data) และข้อมูลที่ยังไม่ได้มีการจัดหมวดหมู่หรือแบ่งเป็นช่วง (unbinned data) หากข้อมูลส่วนใหญ่เป็นแบบที่มีการจัดหมวดหมู่หรือแบ่งเป็นช่วงไว้แล้วนั้น การแสดงผลจะทำในแบบกราฟแท่ง Histogram ใน Root *TH1*, *TH2* และ *TH3* เป็นคำสั่งที่ใช้ในการแสดงผลแบบกราฟแท่งใน 1, 2 และ 3 มิติตามลำดับ ข้อมูลที่ใช้จะถูกเก็บไว้ด้วยความละเอียดและชนิดต่าง ๆ เช่น byte, short, int, float และ double จะถูกเรียกใช้ด้วยคำสัง *TH1C*, *TH1S*, *TH1I* ,*TH1F* และ *TH1D* ตามลำดับ การเรียกดู profile ที่ประกอบด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกราฟแท่งจะสามารถเรียกใช้โดยคำสั่ง *Tprofile*, *Tprofile2D* และ *Tprofile3D*

หากผู้ใช้ต้องการดำเนินการใด ๆ บนกราฟแท่ง เช่น ต้องการบวก ลบ คูณ หาร หรือ หาค่าปริมาณต่าง ๆ ที่สนใจจากฟังก์ชันที่มีอยู่หรือต้องการรวมหรือแยกชุดข้อมูล เพื่อเปรียบเทียบผลทางสถิติแบบ chi-square ก็สามารถทำได้ และเมื่อได้ผลตามต้องการก็สามารถวาดกราฟแท่งได้โดยใช้คำสั่ง *Draw()*

ในกรณีของกราฟแบบคู่ลำดับ *(x,y)* และ *(x,y,z)* สามารถทำการวาดได้โดยใช้ *TGraph* และ *TGraph2D* การแสดงผลความคลาดเคลื่อนใช้ *TGraphErrors* และ *TGraphAsymmErrors*

นอกจากนี้ ผู้ใช้ยังสามารถทำการหาค่าที่เหมาะสมสำหรับข้อมูล (fitting) โดยใช้ *TF1*, *TF2* และ*TF3*



รูปที่ 1.3: แผนภาพแสดงตัวอย่างกราฟแท่ง Histogram ของข้อมูลที่ได้มีการจัดหมวดหมู่หรือแบ่งเป็นช่วง (binned data)

(ที่มา:Jan Fiete Grosse-Oetringhaus, CERN PH/ALICE, Summer Student Lectures 2011)

หรือ หากมีฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ที่คาดว่าจะสามารถใช้อธิบายลักษณะของข้อมูลได้จะใช้ *TFormula* และผลที่ต้องการสามารถแสดงไปพร้อม ๆ กับค่าของข้อมูลได้

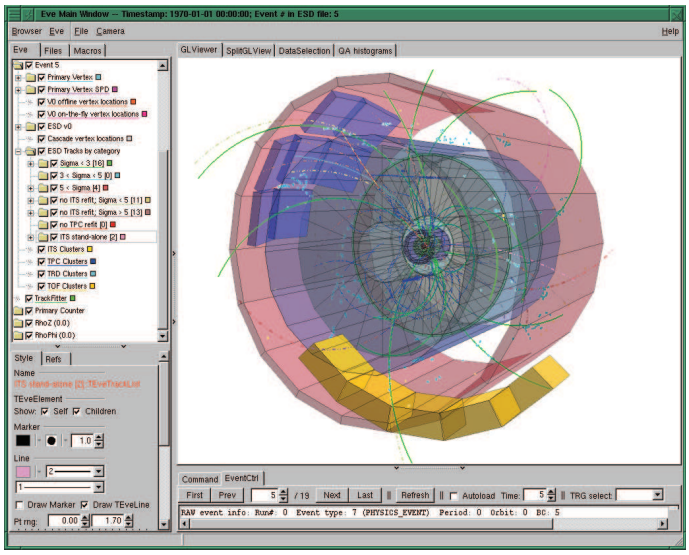
1.2.5 กราฟิกและการเชื่อมโยงกับผู้ใช้ (graphics and user interfaces)

Root จะทำการแสดงภาพและกราฟผ่าน *TCanvas* ผู้ใช้สามารถบันทึก output ที่ได้ทั้งแบบ raster (ไฟล์พวกที่มี นามสกุล เป็น .BMP .PCX .TIF .JPG .GIF .MSP .PNG .PCT) หรือ vecter (ไฟล์พวกที่มีนามสกุล .AI, .DRW, .CDR , .EPS, .PS, .PDF) ผู้ใช้สามารถเปิดแสดงผลได้หลายภาพพร้อม ๆ กัน หรือหากต้องการแสดงผลทุกอย่างบน *TCanvas* ก็ได้โดย *TCanvas* ถูกแบ่งเป็นส่วนย่อย ๆ ที่อิสระต่อกันเรียกว่า pads

Open Graphics Library หรือ OpenGL [31] เป็นคลังข้อมูลสำหรับการสร้างภาพ 3 มิติใน Root ที่มีการใช้มากที่สุด เนื่องจากสามารถวาดและแสดงพื้นผิวรวมถึงโครงสร้าง 3 มิติของหัววัดได้เป็นอย่างดี

Event Vitualization Environment (EVE) เป็นโปรแกรมที่สำคัญโปรแกรมหนึ่งที่ช่วยให้ผู้ใช้มองเห็นภาพเชิงเรขาคณิต เข้าใจการจำลองแบบและการสร้างชุดข้อมูล (reconstruction) เช่น พลังงานที่สะสมในหัววัดที่เกิดจากการชนของอนุภาค (hits) แนวทางเดินของอนุภาค (tracks) การจับกลุ่มกันของอนุภาค (cluster) และข้อมูลของ calorimeter และยังมี classe แบบเฉพาะเจาะจงเพื่อเอาไว้สังเกตข้อมูลดิบและการตอบสนองของหัววัด ใน ALICE ระบบนี้จะเรียกว่า AliEVE และใน CMS ระบบนี้เรียกว่า cmsShow ซึ่งทั้ง AliEVE และ cmsShow ยังมีความสามารถที่จะใช้ตรวจดูคุณภาพของข้อมูลแบบ online ได้อีกด้วย

นอกจากนี้ Root GUI builder ยังสามารถใช้สร้างหน้าจอเชื่อมโยงกับผู้ใช้ โดยสามารถที่จะจัดเรียงรวบรวมและจัดหมวดหมู่ของหน้าจอ ทำเป็นเมนูให้ผู้ใช้สามารถใช้งานตามความต้องการได้

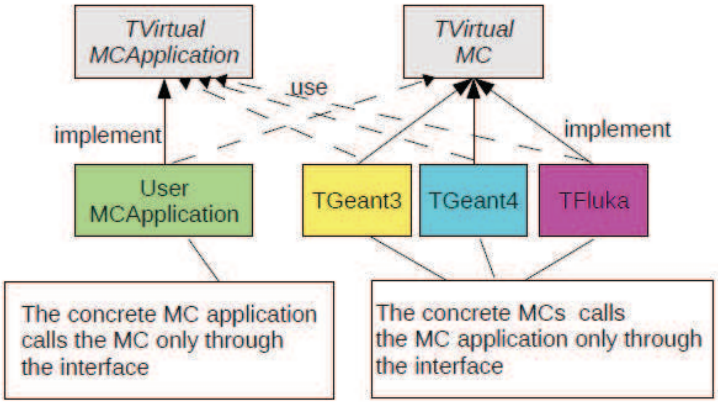


รูปที่ 1.4: ภาพแสดงตัวอย่างหน้าจอแสดงผลของ ALIEVE

(ที่มา:Matevz TADEL,http://mtadel.home.cern.ch/mtadel/mydoc/chep09/root-eve/)

1.2.6 การจำลองแบบ (Simulation)

TVirtualMC เป็นตัวเชื่อมโยงไปยังโปรแกรม Monte Carlo ต่าง ๆ เช่น Geant3, Geant4 หรือ Fluka ให้กับผู้ใช้ โดยผู้ใช้สามารถเรียกผ่าน class ที่มีอยู่ใน Root ได้ ทำให้การเลือกเครื่องมือในการทำแบบจำลองทำได้หลากหลายและสามารถเปรียบเทียบความแตกต่างได้อย่างสะดวก แบบจำลอง Monte



รูปที่ 1.5: แผนภาพแสดงการจำลองแบบที่เชื่อมโยงไปยังโปรแกรม Monte Carlo ต่าง ๆ

(ที่มา: I. Hřivnáčová, Physics at A Fixed Target Experiment using the LHC beam Workshop,Trento, 04-13 February 2013)

Carlo จะรับข้อมูลของอนุภาคพร้อมกับอันตรกิริยา โครงสร้างทางเรขาคณิต วัสดุที่ใช้ และการอ่านค่าทางอิเล็กทรอนิกส์ของหัววัดเป็นค่าเริ่มต้น หลังจากนั้นจะทำการติดตามเส้นทางของอนุภาคว่าจะทะลุผ่าน หยุด สลายตัว หรือถูกทำลาย ภายในหัววัด แต่ละขั้นตอนจะประกอบด้วยกระบวนการดังนี้

- ระบุตำแหน่งของหัววัดที่อนุภาคเคลื่อนที่อยู่ภายใน

- เลือกตัวเลขแบบกึ่งสุ่ม (Pseudo-random numbers) เพื่อเลือกกระบวนการทางฟิสิกส์ที่สามารถเกิดขึ้นได้แล้วจำลองอันตรกิริยาของอนุภาคที่จะเกิดขึ้นกับสสารที่ใช้ทำหัววัดว่ามีการสูญเสียพลังงานไปเท่าไร
- นำพลังงานที่สูญเสียไปหักออกจากพลังงานของอนุภาค
- กระทำซ้ำพร้อมทั้งบันทึกและลากเส้นแนวทางเดินของอนุภาคจนกว่าพลังงานของอนุภาคเท่ากับศูนย์ ซึ่งหมายถึงอนุภาคได้หยุดการเคลื่อนที่
- หลังจากที่ได้จำลองการสูญเสียพลังงานเสร็จสิ้นลง ขั้นต่อไปคือการจำลองการอ่านค่าสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ (read-out electronics) โดยจะรับค่าพลังงานที่สูญเสียในตำแหน่งต่าง ๆ ของหัววัดเป็นค่าเริ่มต้น

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าในการจำลองค่าในหัววัด โครงสร้างทางเรขาคณิตของหัววัดมีความสำคัญอย่างมาก รูปทรงที่มีความซับซ้อนจะถูกสร้างจากรูปทรงเรขาคณิตพื้นฐานมาประกอบกันเป็นโครงสร้างที่ซับซ้อนต่าง ๆ แล้วถูกบันทึกลงในแฟ้ม หรือ Macros ของ Root ซึ่งสามารถเปิดดูและแก้ไขเปลี่ยนแปลงเพิ่มเติมได้ด้วย *TGeoManager* สำหรับเส้นทางเดินของอนุภาคภายในปริมาตรที่สร้างขึ้น สามารถสร้างโดยเชื่อมโยงด้วย virtual Monte Carlo ไปยังชุดคำสั่งการจำลองแบบต่าง ๆ แล้วบันทึกด้วย *TGeoTrack*

1.2.7 ตัวแปรภาษา (Interpreter)

CINT เป็นตัวแปลภาษาที่ออกแบบมาให้ผู้ใช้สามารถพิมพ์คำสั่งลงบนบรรทัดเพื่อสร้าง classes function/method ในภาษา C++ หรือ เรียกใช้งานคลังชุดคำสั่งของ Root ซึ่งการพิมพ์คำสั่งบนบรรทัด การเขียนชุดคำสั่ง และการเขียนโปรแกรม จะมีลักษณะโครงสร้างที่เหมือนกัน

การพิมพ์คำสั่งแต่ละคำสั่งลงบนบรรทัดนั้น หากมีคำสั่งจำนวนมากก็จะทำให้ช้า ดังนั้นเพื่อความสะดวกผู้ใช้สามารถเขียนชุดคำสั่งต่าง ๆ ลงไปใน macro ก่อน แล้วจึงเรียก macro เข้าไปบนบรรทัดคำสั่งได้เลย

หากชุดคำสั่งที่มีขนาดใหญ่มากผู้ใช้ก็สามารถที่จะ compile ก่อนได้เพื่อให้ประสิทธิภาพสูงสุด ข้อดีของการใช้ CINT คือ ผู้ใช้สามารถออกแบบ ทดสอบ และ แก้ไขคำสั่งที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลได้อย่างรวดเร็ว โดยไม่จำเป็นต้องผ่านการ compile เพื่อทดสอบความถูกต้องในเบื้องต้น ส่วนข้อดีของการ compile คือ สามารถช่วยให้ประมวลผลเร็วขึ้นและสามารถตรวจสอบข้อผิดพลาดที่อาจไม่สังเกตได้อย่างชัดเจน

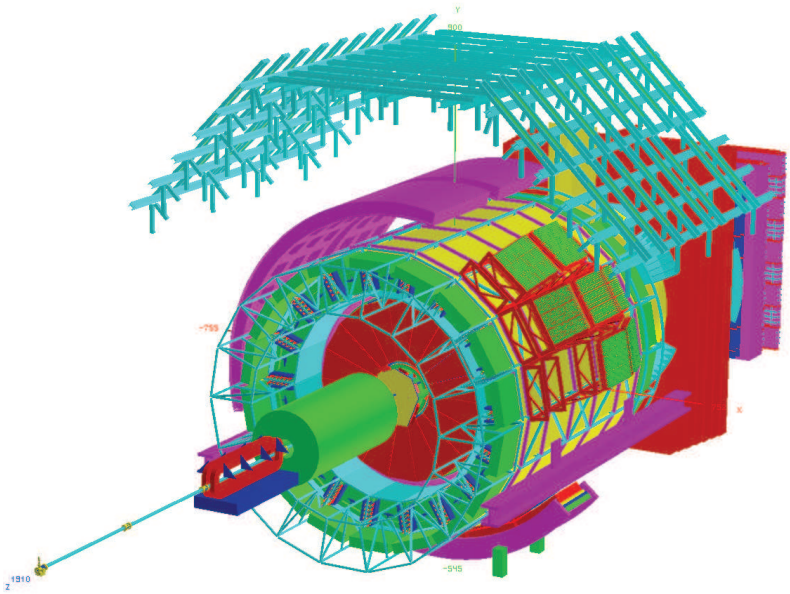
นอกจากนี้ผู้ใช้ยังสามารถสร้างคลังข้อมูลจาก macros ได้ โดยเมื่อ compile แล้วนำขึ้นไปไว้บนหน่วยความจำ function ต่าง ๆ ใน macros ก็จะถูกเรียกใช้ได้ทันทีโดยไม่ต้อง compile อีก

1.3 Geant

GEometry ANd Tracking หรือ Geant ถูกพัฒนาขึ้นที่ CERN เพื่อเป็นแพลตฟอร์มสำหรับทำการจำลองอนุภาคเคลื่อนที่ผ่านสสาร โดยใช้การคำนวณตามหลักของ Monte Carlo

Geant ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1) ส่วนที่ช่วยในการจัดการรูปทรงเรขาคณิต ใช้สำหรับการวิเคราะห์รูปแบบทางกายภาพของหัววัดรวมทั้งการตรวจจับ ระบบดูดซับและ พิจารณาว่ารูปแบบนี้จะส่งผลกระทบต่อเส้นทางของอนุภาคในการทดลองอย่างไร



รูปที่ 1.6: ภาพแสดงรูปทางกายภาพของหัววัด ALICE ที่ประกอบขึ้นจากรูปทรงเรขาคณิตต่าง ๆ
(ที่มา: I. Hřivnáčová, Physics at A Fixed Target Experiment using the LHC beam Workshop,Trento, 04-13 February 2013)

2) ส่วนที่ติดตามทางเดินอนุภาค ทำหน้าที่จำลองทางเดินของอนุภาคผ่านหัววัดโดยต้องพิจารณาถึงอันตรกิริยาที่เป็นไปได้และกระบวนการสลายตัวต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น

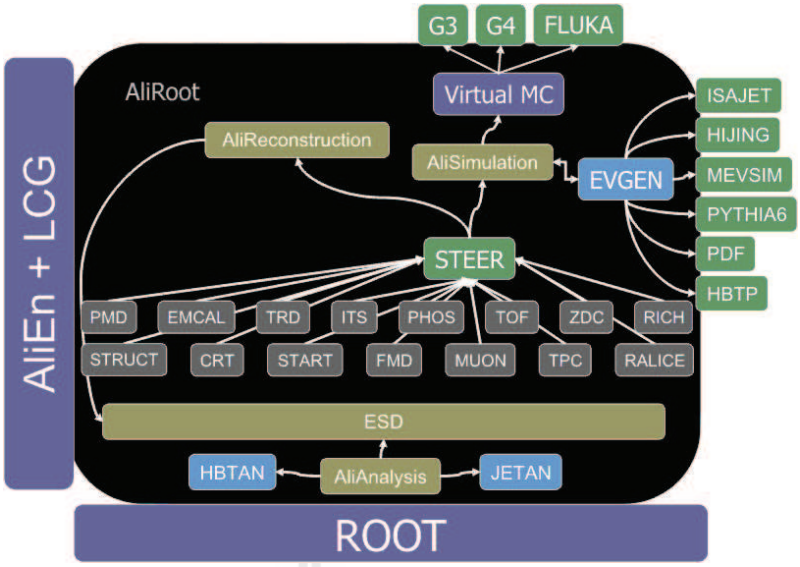
3) ส่วนที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองของหัววัด ทำหน้าที่บันทึกเมื่ออนุภาคผ่านหัววัดและบริเวณใกล้เคียงแล้วประมาณค่าว่าหัววัดจริงจะตอบสนองอย่างไร

4) ส่วนที่เกี่ยวข้องกับรายละเอียดของการทำงานของหัววัดเป็นส่วนที่บันทึกรายละเอียดของการทำงานของหัววัดในการทดลองสำหรับแต่ละชุดของข้อมูลหรือเหตุการณ์รวมถึงการตั้งค่าในการทดสอบและเงื่อนไขที่แตกต่างกัน

1.4 Aliroot

Aliroot เป็นเฟรมเวอร์คของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับจำลอง (simulation) สร้าง (reconstruction) และวิเคราะห์ (analysis) ข้อมูลของหัววัด ALICE ที่มีพื้นฐานวางอยู่บน Root โดยมีลักษณะเป็น

โปรแกรมเชิงวัตถุและเขียนด้วย C++ เช่นเดียวกับ Root ขั้นตอนหลักในการทำงานของ Aliroot คือ



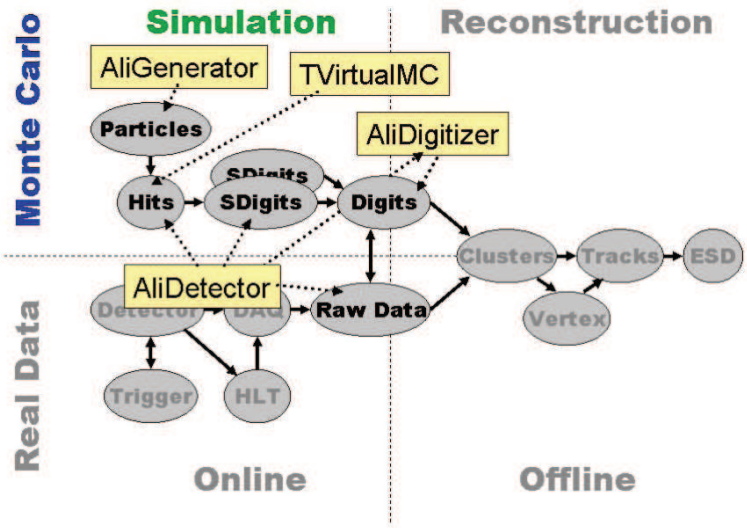
รูปที่ 1.7: ภาพแสดงโครงสร้างและองค์ประกอบของ Aliroot Framework
(ที่มา:http://aliweb.cern.ch/Offline/AliRoot/Manual.html)

1) การจำลอง (Simulation)

- เริ่มจากการสร้างอันตรกิริยาที่เกิดขึ้นโดย โปรแกรมสร้างสถานการณ์ (event generator) เช่น HIJING PYTHIA DPMJET และ ISAJET เป็นต้น ค่าที่ได้จะเป็นปริมาณทางจลนศาสตร์ ซึ่งจะถูกนำไปใช้โดยชุดคำสั่งในการเคลื่อนย้าย (tranport package) ได้แก่ Geant3 Geant4 และ Fluka
- ชุดคำสั่งในการเคลื่อนย้ายจะทำหน้าที่ลำเลียง อนุภาค ผ่าน ชุด ตรวจจับต่าง ๆ ในหัววัด และทำให้เกิดพลังงานที่สะสมในหัววัดที่เกิดจากการชนของอนุภาค หรือ hits
- การตอบสนองของหัววัดจะถูกนำมาพิจารณา และ พลังงานที่สะสมในหัววัดที่เกิดจากการชนของอนุภาคจะถูกเปลี่ยนเป็นข้อมูลแบบตัวเลข (digits)

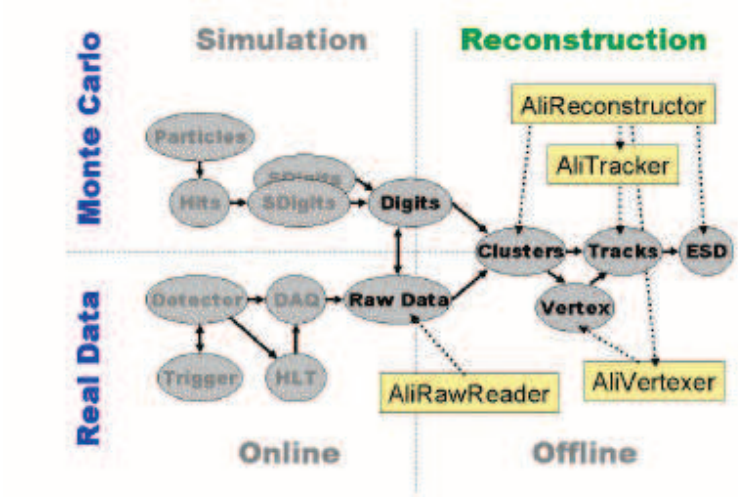
2) การสร้าง (reconstruction)

- ข้อมูลที่ได้แบบตัวเลข (digits) เป็นสัญญาณดิจิตอลที่ได้รับจากเซนเซอร์สามารถระบุตำแหน่งและเวลาที่อนุภาคเคลื่อนที่ผ่าน
- นำข้อมูลมารวมกลุ่ม (cluster) เป็นชุดของข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์ที่อยู่ติดกันในพื้นที่ และ/หรือ ในเวลาที่ใกล้เคียงกัน โดยสันนิษฐานว่าสร้างขึ้นจากอนุภาคเดียวกัน
- การสร้างจุดขึ้นมาใหม่ (reconstructed space point) เป็นการประมาณค่าของตำแหน่งที่อนุภาคเคลื่อนที่ผ่านหัววัด โดยการคำนวณจุดศูนย์ถ่วงของกลุ่ม (cluster)
- การสร้างแนวทางเดินขึ้นมาใหม่ (reconstructed track) เป็นการสร้างเส้นทางที่อนุภาคเคลื่อนที่จากชุดของพารามิเตอร์ห้าตัว คือ รัศมีความโค้ง และมุมที่กระทำกับแกนต่าง ๆ ร่วม



รูปที่ 1.8: ภาพแสดงโครงสร้างและองค์ประกอบของการจำลองแบบ (simulation)
(ที่มา:http://aliweb.cern.ch/Offline/AliRoot/Manual.html)

กับเมทริกซ์ความแปรปรวน (covariance matrix) ที่ประมาณได้จากจุดที่กำหนดในพื้นที่นั้น ๆ

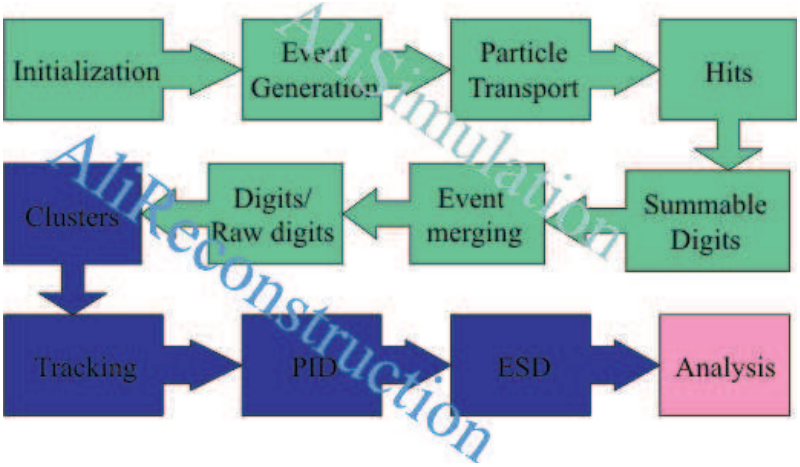


รูปที่ 1.9: ภาพแสดงโครงสร้างและองค์ประกอบของการสร้าง (reconstruction)
(ที่มา:http://aliweb.cern.ch/Offline/AliRoot/Manual.html)

ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้หลังจากเสร็จขั้นตอนการสร้างนี้จะเป็นข้อมูลสรุปเหตุการณ์แบบย่อ (Event Summary Data, ESD) เพื่อนำไปวิเคราะห์ผลต่อไป ทั้งนี้ขั้นตอนที่กล่าวมาสามารถเขียนเป็น work flow ดังแสดงในรูปที่ 1.10

สำหรับการติดตั้งและใช้งาน software ของ ALICE นั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ

1) การติดตั้งลงบนเครื่องของนักวิจัย เพื่อใช้ในการทดสอบและพัฒนาชุดคำสั่งสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ผล โดยผู้ใช้จะต้องลง software ทั้งหมด ได้แก่ Alien, Root, Geant และ Aliroot ลงบน



รูปที่ 1.10: ภาพแสดงโครงสร้างและองค์ประกอบของ Aliroot Work Flow
(ที่มา:http://aliweb.cern.ch/Offline/AliRoot/Manual.html)

เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลหรือคอมพิวเตอร์พกพา ซึ่งใช้ระบบปฏิบัติการ Linux หรือ Mac OS รายละเอียดจะกล่าวถึงในบทที่ 3

2) การใช้งานผ่านระบบกริด หลังจากที่นักวิจัยได้ทดสอบและพัฒนาชุดคำสั่งบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล หรือ คอมพิวเตอร์พกพาเสร็จเรียบร้อยแล้วนั้น ขั้นตอนต่อไปคือ การ upload ชุดคำสั่งเพื่อไปใช้บนระบบกริดที่กระจายอยู่ตามศูนย์คอมพิวเตอร์ต่าง ๆ ที่เป็นสมาชิกของ ALICE ที่มีข้อมูลและทรัพยากรทางการคำนวณอยู่อย่างมากมาย การเข้าถึงระบบกริดนักวิจัยต้องมีการสมัครและขอรับ Certificate Autthority (CA) จากหน่วยงานที่รับผิดชอบเพื่อพิสูจน์และยืนยันสถานะของตนเอง ก่อนที่จะสามารถเข้าใช้งานได้ ซึ่งรายละเอียดจะกล่าวถึงในบทที่ 3

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2

การเก็บข้อมูลและการทำ service work สำหรับ ALICE ที่ CERN

หนึ่งในหน้าที่ของการเป็นสมาชิก ALICE คือการเข้าร่วมทำงานควบคุมการเดินเครื่องทดลอง (Run co-ordination) โดยลักษณะงานเป็นระบบงานกะ (Shift system)

2.1 Shift model

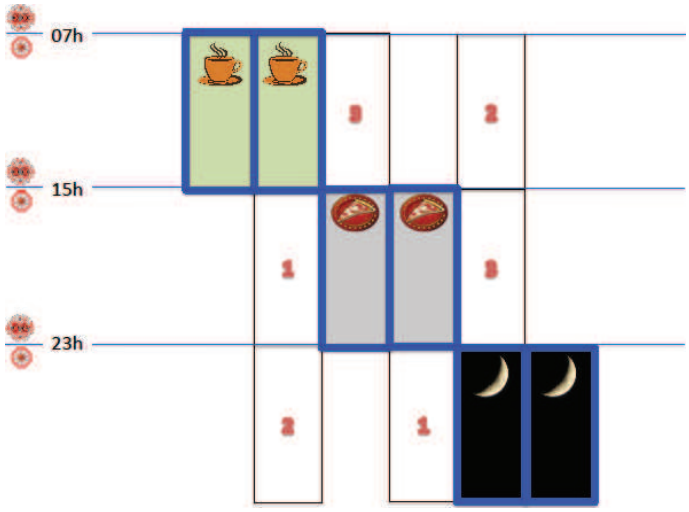
ใน Run 2 นี้ Shift 1 กะ จะทำงาน 6 วันต่อเนื่องในลักษณะ Rotating shift schedule ซึ่งแบ่งเป็น 3 ช่วง ๆ (Slots) ละ 2 วัน ๆ ละ 8 ชั่วโมง คือ เช้า 2 วันในเวลา 07:00-15:00 น. (2 Mornings) บ่าย 2 วันในเวลา 15:00-23:00 น. (2 Afternoons) และค่ำ 2 วันในเวลา 23:00-07:00 น. (2 Nights) หรือที่เรียกว่าระบบ MAN (MMAANN) โดยมีวัตถุประสงค์คือ เพื่อให้มั่นใจว่าทุกคนได้ทำงานในทุกช่วงเวลา (Peculiarities) เพื่อกระจายให้ทุกช่วงเวลามีความเท่าเทียม และเพื่อให้ผู้ทำงานมีเวลาพักเพิ่มอีก 8 ชั่วโมงก่อนที่จะเปลี่ยนช่วงเวลาทำงานถัดไป ดังรูปที่ 2.1

2.2 หน้าที่ใน ALICE shift

2.2.1 Central shifts

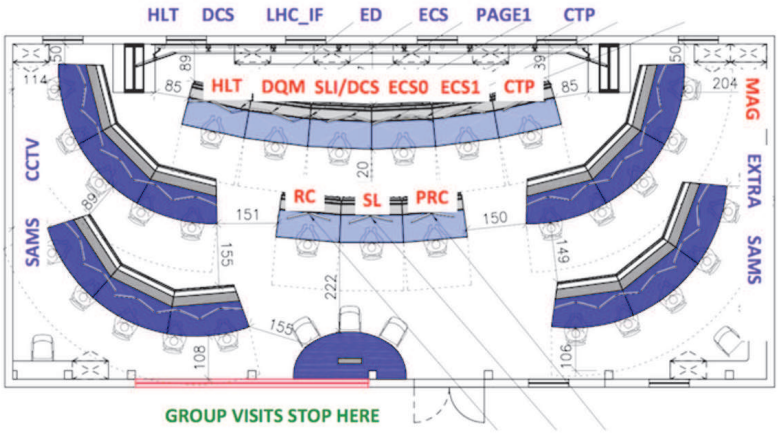
คือ งานควบคุมการ Run ผ่านทางระบบคอมพิวเตอร์ ผู้ที่ทำ Shift จะปฏิบัติงานอยู่ใน ARC (ALICE RunControl Center) ที่มีลักษณะเหมือนเป็นศูนย์ปฏิบัติงานรวม โดยแต่ละหน้าที่จะถูกระบุตำแหน่งที่นั่งไว้ชัดเจนตามผัง ดังรูปที่ 2.2

ซึ่งลักษณะงานจะเป็นไปตามระบบ MAN โดยแบ่งย่อยออกเป็น 4 ประเภทคือ



รูปที่ 2.1: ระบบงาน Shift แบบ Rotating system

ที่มา: https://aliceinfo.cern.ch/node/25286



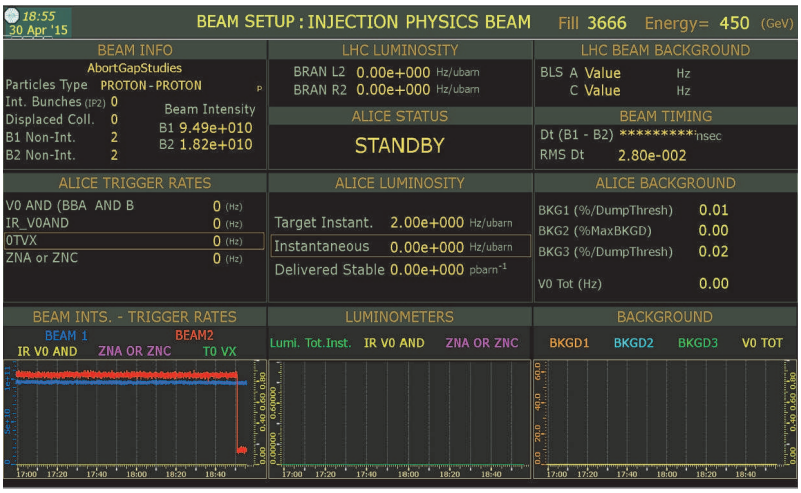
รูปที่ 2.2: ผังตำแหน่งโต๊ะทำงาน Shift ใน ARC

ที่มา: https://indico.cern.ch/event/442068/attachments/1152846/1655700/SL_courseAug15.pdf

SL (Shift Leader)

รับผิดชอบการปฏิบัติการประจำวันทั้งหมด ซึ่งหน้าที่โดยรวมปกติมีดังนี้

- ทำให้มั่นใจว่า การรับข้อมูลจากหัววัดนั้นมีประสิทธิภาพ และได้คุณภาพสูงสุด
- ทำตามแผนงานที่ RC (Run Coordinator) ได้กำหนดไว้
- คอยให้คำแนะนำและติดตามการทำงานของผู้ทำงานส่วนอื่นๆ
- ทำให้มั่นใจว่า ผู้ทำงานมีการจดจ่อและทำตามขั้นตอนมาตรฐานในระหว่างการปฏิบัติงาน
- เป็นผู้ประสานงานระหว่าง RC, CCC (CERN Control Center), ผู้ทำงาน (Shifters) และผู้เชี่ยวชาญ (Experts)



รูปที่ 2.3: ตัวอย่างระบบแสดงผลการทำงานของ Beam line สำหรับ SL

ที่มา: https://indico.cern.ch/event/442068/attachments/1152846/1655700/SL_courseAug15.pdf

ECS (Experiment Control System)

มีหน้าที่ควบคุมและตรวจสอบสถานะการปฏิบัติงานในระบบย่อย ดังนี้

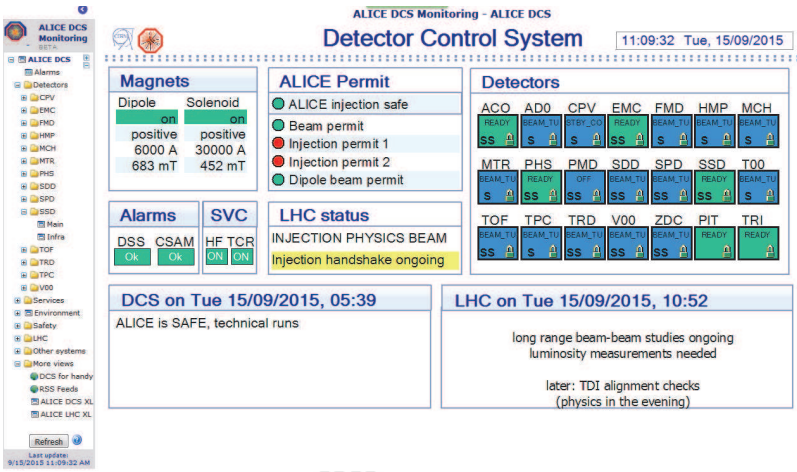
- DAQ (Data AcQuisition) ระบบการส่งผ่านข้อมูลจากหัววัดไปยังแหล่งเก็บ
- CTP (Central Trigger) ระบบ Trigger โดยรวม
- HLT (High Level Trigger) ระบบ Trigger ขั้นสูงที่หัววัดที่คอยเลือกเหตุการณ์และบีบอัดเฉพาะเหตุการณ์ที่สนใจ

รูปที่ 2.4: ตัวอย่างระบบแสดงผลการทำงานในระบบ ECS

ที่มา: https://indico.cern.ch/event/442068/attachments/1152846/1655700/SL_courseAug15.pdf

DCS (Detector Control System)

มีหน้าที่คอยควบคุมและตรวจสอบปัญหาโดยละเอียด ในกรณีที่หัววัดทำงานช้าหรือผิดปกติ ให้กับ ECS และ SL รับทราบ ผ่านระบบคอมพิวเตอร์โดยมีหน้าจอแสดงผลดังรูปที่ 2.5

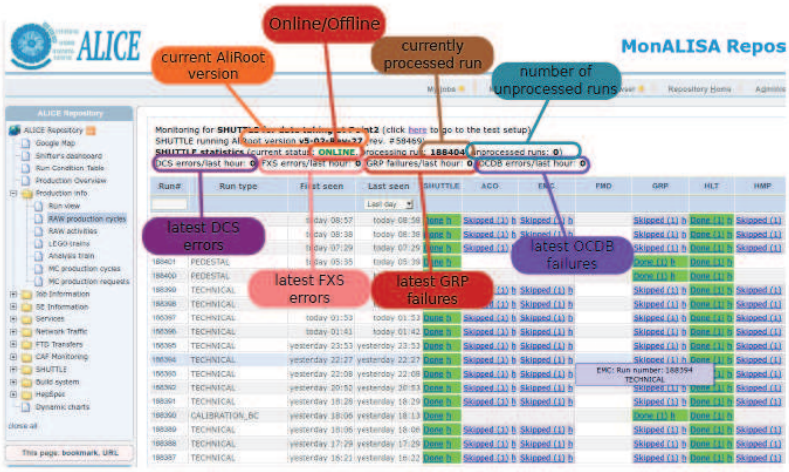


รูปที่ 2.5: ตัวอย่างระบบแสดงผลการทำงานของระบบ DCS

ที่มา: http://alicedcs.web.cern.ch/AliceDCS/monitoring/

DQM (Data Quality Monitoring)

มีหน้าที่คอยตรวจสอบคุณภาพของการไหลของข้อมูลที่เข้าสู่ระบบจัดเก็บ รวมถึงการตรวจสอบสถานะการทำ Reconstruction ของข้อมูลให้มีประสิทธิภาพ



รูปที่ 2.6: ตัวอย่างระบบแสดงผลการทำงานของระบบ DQM

ที่มา: https://indico.cern.ch/event/438979/contribution/3/attachments/1140379/1633302/tutorialOfflineRun2.pdf

2.2.2 Central training shifts

คือการฝึกซ้อมทำ Shift นั้นๆ เป็นเวลา 3 วันต่อเนื่อง วันละ 8 ชั่วโมง ก่อนการเข้าทำ Shift จริง ลักษณะการฝึกเป็นแบบ TTS (Training, Training, Shadow) คือ สองวันแรกทำการฝึก แล้วในวันที่สามได้ทดลอง “ทำแทน” เสมือนเป็นงานจริง

การจะเข้าจองวันเวลา Training ได้นั้นจะต้องทำการจอง Class ของ Shift นั้นๆ เพื่อเรียนหรือเข้าฟังการบรรยายก่อน ซึ่งมีรายละเอียดและเงื่อนไขหมดอายุที่จะต้องทำ Shift ภายในกำหนด ดังนี้

- SL : ประชุมออนไลน์ผ่าน Vidyo ได้, หมดอายุใน 6 เดือนถัดไป
- ECS : ประชุมออนไลน์ผ่าน Vidyo ได้, หมดอายุใน 3 เดือนถัดไป
- DCS : ไม่สามารถประชุมออนไลน์ได้, หมดอายุใน 6 เดือนถัดไป
- DQM : ประชุมออนไลน์ผ่าน Vidyo ได้, หมดอายุใน 6 เดือนถัดไป

หมายเหตุ : การเข้าทำ SL Shift จะต้องมีประสบการณ์ผ่านการทำ ECS Shift และการทำ ECS Shift จะครอบคลุมถึง DCS กับ DQM ดังนั้นอย่างน้อยจึงควรจะต้องมีประสบการณ์ผ่านการทำ DCS Shift มาก่อนเช่นกัน ส่วนกรณีที่หากจะทำ SL Shift โดยที่ไม่มีประสบการณ์ Shift ก่อนหน้า จะต้องทำการเข้า Training และ Class ของคลาสก่อนหน้าตามลำดับ และต้องแจ้ง RC เพื่อขอการอนุมัติการทำ Shift ในกรณีพิเศษนี้ด้วย

2.2.3 Detector shifts

มีหน้าที่ทำงานเฉพาะด้านโดยตรงเกี่ยวกับหัววัดแต่ละชนิด ซึ่งจะถูกอนุมติให้เข้าทำงานผ่าน RC ในกรณีที่มีการร้องขอจาก SRC (System Run Coordinator) เท่านั้น โดยจะทำงานเป็นระบบ MAN เช่นเดียวกันกับการทำ Shift ปกติ

2.2.4 On-Call shifts

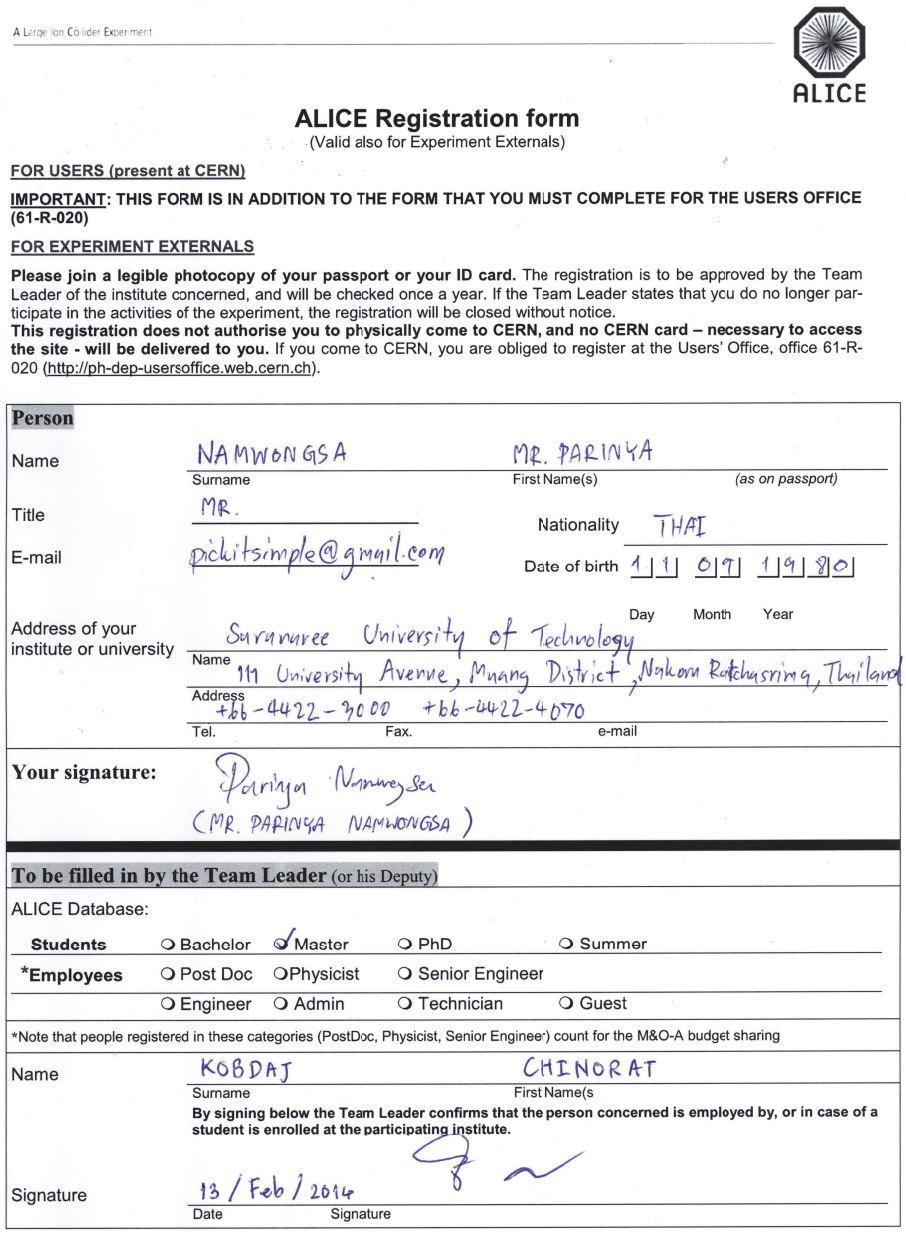
สำหรับผู้ที่เชี่ยวชาญแล้ว มีหน้าที่เตรียมพร้อมและคอยแก้ไขปัญหาให้คนที่ทำ Central shifts ผ่านทางโทรศัพท์มือถือที่มีไว้ให้ โดยที่ไม่ต้องนั่งทำงานที่ ARC (ALICE RunControl Center) อยู่ตลอดเวลา แต่จะต้องสามารถเดินทางมาถึงหน้างาน P2 (ALICE Interaction Point 2) ได้ภายใน 30 นาทีในกรณีฉุกเฉินที่สำคัญ และจะต้องเข้ามาประชุมประจำวันที่ P2 ในเวลา 16:30 น.

2.3 การเตรียมตัวก่อนเข้าทำ Shift

2.3.1 การสมัครเป็น ALICE member

ลงทะเบียนเป็น ALICE member ภายในนามของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประเทศไทย (SUT-TH) ซึ่งเป็น ALICE Collaborator ของ CERN ในปัจจุบัน โดยขั้นตอนดังนี้

- ส่งอีเมล์ร้องขอไปยัง Alice Secretarait (alice.secretariat@cern.ch) จะได้รับแบบฟอร์ม ALICE Registration Form สำหรับ External Users ส่งกลับมาดังรูปที่ 2.7



A Large Ion Collider Experiment

ALICE

ALICE Registration form

(Valid also for Experiment Externals)

FOR USERS (present at CERN)

IMPORTANT: THIS FORM IS IN ADDITION TO THE FORM THAT YOU MUST COMPLETE FOR THE USERS OFFICE (61-R-020)

FOR EXPERIMENT EXTERNALS

Please join a legible photocopy of your passport or your ID card. The registration is to be approved by the Team Leader of the institute concerned, and will be checked once a year. If the Team Leader states that you do no longer participate in the activities of the experiment, the registration will be closed without notice.
This registration does not authorise you to physically come to CERN, and no CERN card – necessary to access the site - will be delivered to you. If you come to CERN, you are obliged to register at the Users' Office, office 61-R-020 (http://ph-dep-usersoffice.web.cern.ch).

Person

Name: NAMWONGSA (Surname) MR. PARINYA (First Name(s)) (as on passport)

Title: MR.

Nationality: THAI

E-mail: pickitsimple@gmail.com

Date of birth: 11 / 09 / 1980 (Day / Month / Year)

Address of your institute or university:
Name: Suranaree University of Technology
Address: 111 University Avenue, Muang District, Nakorn Ratchasrima, Thailand
Tel. +66-4422-3000 Fax. +66-4422-4070 e-mail

Your signature: Pariya Namwongsa (MR. PARINYA NAMWONGSA)

To be filled in by the Team Leader (or his Deputy)

ALICE Database:

Students	❍ Bachelor	✓ Master	❍ PhD	❍ Summer
***Employees**	❍ Post Doc	❍ Physicist	❍ Senior Engineer	
	❍ Engineer	❍ Admin	❍ Technician	❍ Guest

*Note that people registered in these categories (PostDoc, Physicist, Senior Engineer) count for the M&O-A budget sharing

Name: KOBDAJ (Surname) CHINORAT (First Name(s)

By signing below the Team Leader confirms that the person concerned is employed by, or in case of a student is enrolled at the participating institute.

Signature: 13 / Feb / 2014 (Date) (Signature)

รูปที่ 2.7: ตัวอย่างการกรอกแบบฟอร์มการขอสมัครเป็น ALICE member

ที่มา: Email form Alice Secretarait

- กรอกแบบฟอร์มแล้วสแกนส่งกลับไปพร้อมสำเนาพาสปอร์ต จะได้รับอีเมล์ตอบกลับจาก noreply@cern.ch มาให้ยืนยันอีเมล์ (Verify Email) ผ่านลิ้งค์ที่ส่งมาให้
- คลิกลิ้งค์เข้าไปทำการยืนยัน จะได้รับอีเมลล์ตอบกลับจาก noreply@cern.ch ที่มาพร้อม User/Password สองชุด ชุดแรกเป็นของระบบ CERN User Account ส่วนอีกชุดเป็นของระบบ EDH (Electronic Document Handling) ซึ่งจะยังไม่กล่าวถึงในที่นี้

- เข้าระบบ CERN Account Management (https://account.cern.ch/account/) โดยใช้ User/ Password ชุดแรก แล้วเข้าไปเปลี่ยน Password ใหม่ให้มีความปลอดภัยมากขึ้น
- เข้าระบบ CERN Mail Service (https://cern.ch/mailservices) เพื่อทดลองใช้งานอีเมล์ภายใต้โดเมน @cern.ch โดยข่าวสารทั้งหมดจาก CERN จะถูกส่งผ่านอีเมล์นี้ (ไม่ใช่อีเมล์เริ่มต้นที่ใช้ทำการสมัคร) และหากจะติดต่ออะไรกับทาง CERN หรือ CERN User อื่นก็ควรใช้อีเมล์นี้เท่านั้น
- เข้าระบบ SIR - Safety Information Registration (https://sir.cern.ch) แล้วทำแบบทดสอบ Computer Security ให้ผ่าน ดังในรูปที่ 2.8 โดยนอกจากจะเป็นเงื่อนไขพื้นฐานของการเป็นสมาชิกแล้ว ยังเป็นประโยชน์ต่อการทำความเข้าใจเรื่องความปลอดภัยในด้านคอมพิวเตอร์อีกด้วย

รูปที่ 2.8: แบบทดสอบที่ทำผ่านแล้ว จะมีเครื่องหมายถูกต้องสีเขียวอยู่ฝั่งด้านขวา
ที่มา: https://sir.cern.ch

- สมาชิก ALICE สามารถเข้าถึงข้อมูลต่างๆ ได้ใน http://aliweb.cern.ch/

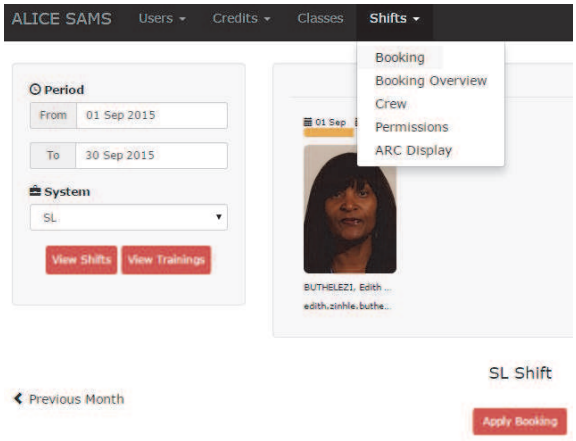
ผู้ที่เป็นสมาชิก (ALICE Member, CERN Account) แล้วจะได้สิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูลต่างๆ ใน CERN และ ALICE ตามประเภทสมาชิกที่ถูกกำหนดไว้ แล้วจะสามารถเข้าถึงเอกสารตีพิมพ์ เอกสารเฉพาะทาง และการสมัครเพื่อเข้าถึงสิทธิ์อื่นๆ เช่น เพื่อทำ Shift เพื่อสมัคร ALICE VO หรือเพื่อสร้าง CA (Certificate Authority) มาใช้งานได้ เป็นต้น

2.3.2 การจอง Shift

การจองวันเวลาเข้าทำ Shift กระทำผ่านระบบ SAMS - Shift Accounting and Management System (https://alicesams.web.cern.ch/) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1) เข้าเมนู Shifts/Booking แล้วเลือก Period และ System ที่ต้องการ ดังรูปที่ 2.9 แล้วคลิกที่ปุ่ม View Shifts สีแดง จะปรากฏตารางที่ด้านล่างของหน้าเว็บบราวเซอร์ดังรูปที่ 2.10

2) จอง Shift ในวันเวลาที่ว่างซึ่งโดยปกติจะเป็นแถบสีขาว หรือจองแบบ Overide บนแถบสีน้ำเงินในชื่อของคนอื่นเพื่อเป็นการขอกะนั้นมาทำแทน เมื่อช่องจองแล้วช่องจะเป็นสีเขียว โดยจะสังเกตว่า



รูปที่ 2.9: ตารางการจองวันและเวลาเพื่อเข้าทำ Shift

ที่มา: https://aliceglance.web.cern.ch/aliceglance/sams/booking.php

ทั้งช่องที่ว่างและที่ถูกจอง เวลาที่ทำงานจะถูกกำหนดให้เป็นไปตามระบบ MAN โดยอัตโนมัติ ดังรูป 2.10

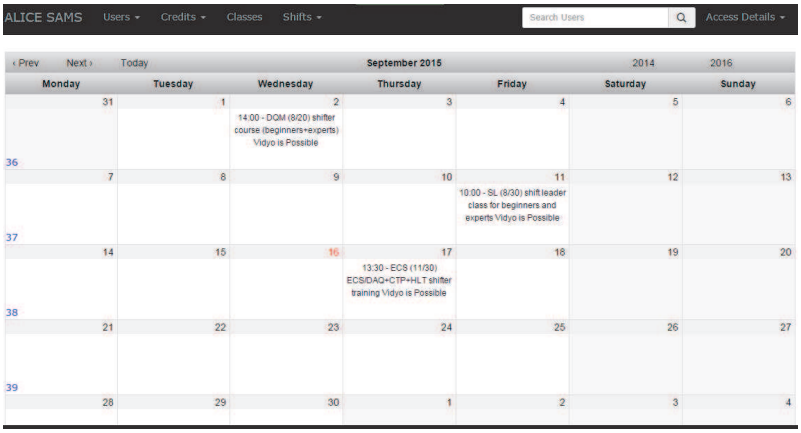
รูปที่ 2.10: ตารางการจองวันและเวลาเพื่อเข้าทำ Shift

ที่มา: https://aliceglance.web.cern.ch/aliceglance/sams/booking.php

3) ทำการยืนยันโดยกดปุ่ม Apply Booking สีแดงในรูป 2.9 (ซึ่งปกติอยู่ด้านบนของตาราง) แล้วจะได้รับอีเมล์แจ้งจากระบบ

4) ทำการจอง Class โดยเข้าเมนู Class ดังแสดงในรูป 2.11 แล้วเลือกคอร์สที่ต้องการโดยจะต้องคำนึงถึงวันหมดอายุของคอร์ส ว่าไม่เกินวันที่ทำ Shift ด้วยซึ่งมีรายละเอียดดังที่ได้กล่าวไปแล้ว

5) จอง Training ของ Shift นั้นๆ โดยวิธีการเหมือนการจอง Shift เพียงแต่เลือกปุ่ม View Training สีแดงแทน ดังรูป 2.9 ซึ่งจะต้องจองก่อนวันและเวลาทำ Shift จริง อย่างน้อย 2 วัน ลักษณะการทำ Training นั้นจะเป็นแบบ 3 วันตามที่ได้กล่าวไปแล้ว ซึ่งจะจองได้เฉพาะวันเวลาที่ว่างเท่านั้นไม่สามารถ Overide ได้ ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.11: ตารางการจองวันและเวลาเพื่อเข้าอบรม Class

ที่มา: https://aliceglance.web.cern.ch/aliceglance/sams/classes.php

รูปที่ 2.12: ตารางการจองวันและเวลาเพื่อเข้าทำ Shift training

ที่มา: https://aliceglance.web.cern.ch/aliceglance/sams/booking.php

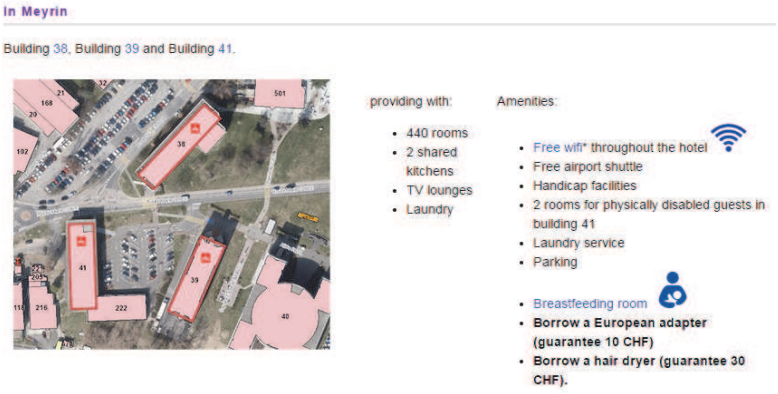
2.3.3 การจองที่พักใน CERN Hostel

โดยปกติแล้วผู้ทำ Shift สามารถจองที่พักที่ใดก็ได้ แต่เพื่อความสะดวกสามารถใช้บริการที่พักของ CERN Hostel ที่มีที่ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่ของ CERN คือที่เขต Meyrin มี 3 อาคารรวมแล้ว 440 ห้อง ดังรูป 2.13 และที่เขต Saint-Genis-Pouilly มี 1 อาคาร 150 ห้อง ดังรูป 2.14

สำหรับการจองโรงแรมที่พัก ผู้ที่เป็น CERN user สามารถทำผ่านระบบออนไลน์ได้ที่ https://edh.cern.ch/Hostel/ ดังรูปที่ 2.15 ซึ่งระบบจะแจ้งการยืนยันและค่าใช้จ่าย มาที่ CERN Email Account โดยถ้าห้องยังว่างจะสามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้ตามต้องการตลอดเวลา และไปชำระเงินได้ ณ เวลาจะเข้าพักโดยไม่ต้องมีมัดจำล่วงหน้า

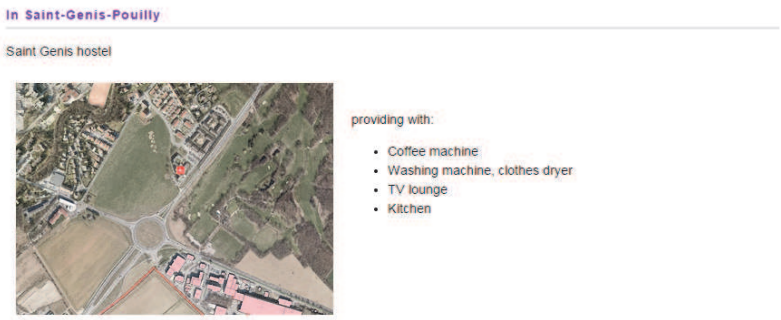
2.3.4 การขอจดหมายเชิญ (Invitation letter)

การขอจดหมายเชิญเพื่อนำมาประกอบการขอวีซ่า กระทำได้โดยส่งคำร้องขอพร้อมรายละเอียดดังรูป 2.16 ไปยัง ALICE Secretariat (alice.secretariat@cern.ch) แล้วจะได้อีเมล์ตอบกลับมาพร้อมแนบ



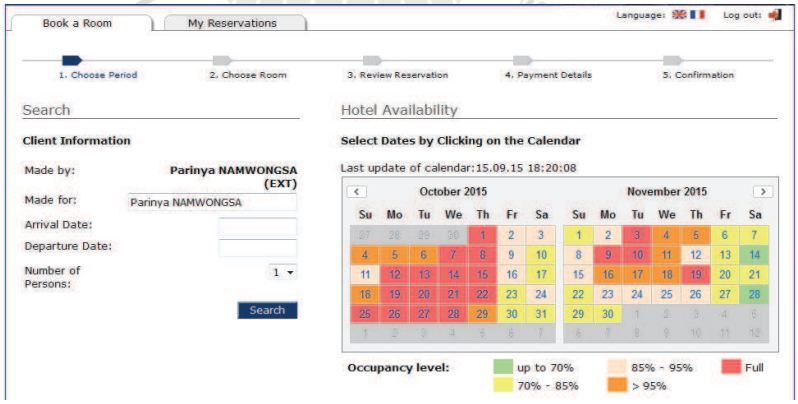
รูปที่ 2.13: อาคาร 38, 39 และ 41 เป็นที่พักในเขต Meyrin

ที่มา: http://gs-dep.web.cern.ch/en/CERN_Housing



รูปที่ 2.14: อาคารที่พักในเขต Saint-Genis-Pouilly

ที่มา: http://gs-dep.web.cern.ch/en/CERN_Housing

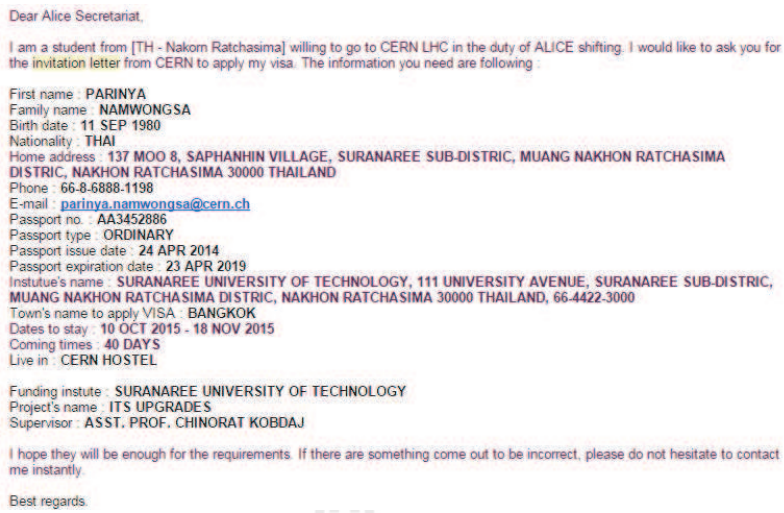


รูปที่ 2.15: ระบบจองออนไลน์ของ CERN Hostel

ที่มา: https://edh.cern.ch/Hostel/Home

จดหมายเชิญ ซึ่งมีใจความสำคัญที่ต้องหมายเหตุไว้คือ

- การขอ Shangen Visa ต้องระบุประเทศที่จะเข้าเป็น Multiple entries
- มีการทำประกันสุขภาพก่อนเดินทางที่ครอบคลุมถึงทั้งประเทศสวิสเซอร์แลนด์และฝรั่งเศส



Dear Alice Secretariat,

I am a student from [TH - Nakorn Ratchasima] willing to go to CERN LHC in the duty of ALICE shifting. I would like to ask you for the invitation letter from CERN to apply my visa. The information you need are following :

First name : **PARINYA**
Family name : **NAMWONGSA**
Birth date : **11 SEP 1980**
Nationality : **THAI**
Home address : **137 MOO 8, SAPHANHIN VILLAGE, SURANAREE SUB-DISTRIC, MUANG NAKHON RATCHASIMA DISTRIC, NAKHON RATCHASIMA 30000 THAILAND**
Phone : **66-8-6888-1198**
E-mail : **parinya.namwongsa@cern.ch**
Passport no. : **AA3452886**
Passport type : **ORDINARY**
Passport issue date : **24 APR 2014**
Passport expiration date : **23 APR 2019**
Instutue's name : **SURANAREE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, 111 UNIVERSITY AVENUE, SURANAREE SUB-DISTRIC, MUANG NAKHON RATCHASIMA DISTRIC, NAKHON RATCHASIMA 30000 THAILAND, 66-4422-3000**
Town's name to apply VISA : **BANGKOK**
Dates to stay : **10 OCT 2015 - 18 NOV 2015**
Coming times : **40 DAYS**
Live in : **CERN HOSTEL**

Funding instute : **SURANAREE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY**
Project's name : **ITS UPGRADES**
Supervisor : **ASST. PROF. CHINORAT KOBDAJ**

I hope they will be enough for the requirements. If there are something come out to be incorrect, please do not hesitate to contact me instantly.

Best regards.

รูปที่ 2.16: ตัวอย่างรายละเอียดการส่งคำร้องเพื่อขอจดหมายเชิญ
ที่มา: https://edh.cern.ch/Hostel/Home

2.3.5 การขอวีซ่า (Schengen Visa)

โดยปกติจะขอ Schengen Visa จากสถานฑูตสวิตเซอร์แลนด์ประจำประเทศไทย (กรณีจะเดินทางไปที่สวิตเซอร์แลนด์)

1) ขอผ่านหน่วยงาน TLSContact โดยเข้าเว็บไซต์ https://www.tlscontact.com/th2ch/ คลิก Apply เพื่อสร้างบัญชีเข้ากับเมล์ โดยกรอกอีเมล์และตั้งพาสเวิร์ด (พาสเวิร์ดคนละตัวกับอีเมล์) ระบบจะส่งลิงค์ไปให้ทำการยืนยันในอีเมล์นั้น เมื่อยืนยันแล้วให้เข้าไปกรอกรายละเอียดใน Create an application โดยมีจุดที่สำคัญคือ
    - Vesa type & Travel Purpose ให้เลือก Professional purpose ตามด้วย Business visa
    - Current occupation status ให้เลือก Student
    - Main purpose(s) of the journey ให้เลือก Business
    - Number of entries requested ให้เลือก Multiple entries
    - Select your travel host ให้เลือก Inviting Organisation แล้วช่องด้านล่างใส่ข้อมูลที่ตั้งของ CERN
    - เมื่อป้อนเสร็จ เลือก Done แล้วทำการเลือกวันเวลาที่จะเข้าไปทำวีซ่าที่สำนักงาน TLS กรุงเทพมหาคร

- เมื่อยืนยันแล้ว พิมพ์เอกสารสองฉบับ คือใบนัดวันทำวีซ่า (Appointment) และเอกสารขอวีซ่า (Application)

2) โดยปกติในใบนัดทำวีซ่า จะแจ้งว่าต้องใช้เอกสารใดบ้าง แต่ควรจะเตรียมเอกสารอย่างน้อยดังนี้

- สำเนาพาสปอร์ต พร้อมพาสปอร์ตตัวจริง ที่ยังไม่ถึงกำหนดหมดอายุอย่างน้อย 6 เดือน
- สำเนาพาสปอร์ตเล่มเก่า (ถ้ามี)
- สำเนาบัตรประชาชน
- เอกสารอื่นๆ เกี่ยวกับตน เช่น เปลี่ยนชื่อ-สกุล, ใบทะเบียนสมรส, เอกสารของคู่สมรส เป็นต้น
- เอกสารยืนยันการจองเที่ยวบินไป-กลับ (ใบจอง)
- เอกสารการทำประกันภัยการเดินทางในช่วงเวลาดังกล่าว (Insurance of the application)
- รูปถ่ายหน้าตรง พื้นหลังขาว ไม่สวมแว่น เห็นหู ขนาด 3.5cm x 4cm นิ้วจำนวน 2 รูป (ที่สำนักงาน TLSContact มีตู้ถ่ายรูปด่วนให้บริการในราคา 250 บาทต่อ 4 ภาพ)
- หนังสือเชิญจาก CERN (Invitation letter)
- หนังสือรับรองการเป็นนักศึกษา / บุคลากร
- ใบสมัครขอวีซ่า ที่พิมพ์ออกมาจากระบบ (Application)
- ใบนัดทำวีซ่า ที่พิมพ์ออกมาจากระบบ (Appointment)
- ค่าใช้จ่ายทำหนังสือวีซ่า จำนวน 1,000 บาท
- เนื่องจากเป็นการไปทำธุระโดยมีองค์กรเชิญไป จึงไม่จำเป็นต้องใช้รายการเดินบัญชีธนาคารเหมือนการไปท่องเที่ยว

3) เดินทางไปยังสำนักงาน TLSContact กรุงเทพมหานคร สามารถขึ้นรถไฟฟ้า BTS เพื่อไปลงที่สถานีช่องนนทรี ดังรูป 2.17 โดยเมื่อออกจากทางออกที่ 5 แล้วยังไม่ต้องลงบันได ให้เดินตรงบนทางยกระดับไปจนข้ามแยกใหญ่จึงค่อยลงบันไดฝั่งซ้าย เลี้ยวซ้ายแล้วเดินตรงไป ตึกสาธรซิตี้จะเป็นตึกที่สองถัดไป

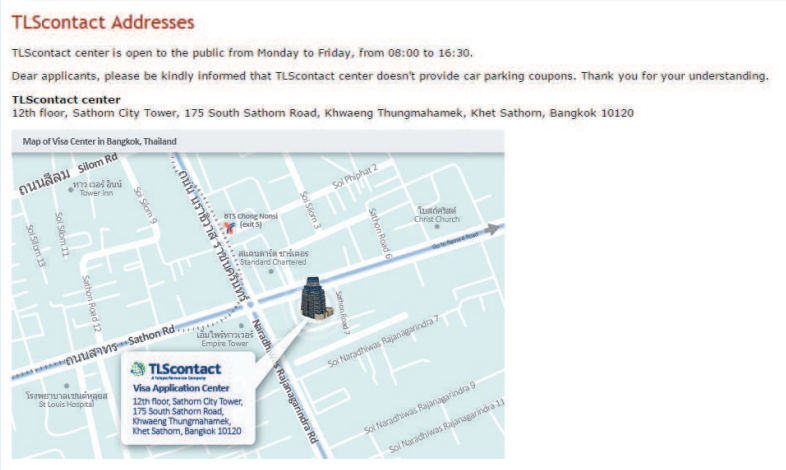
4) เมื่อเข้าตึกสาธรซิตี้ ต้องแลกบัตรประชาชนที่หน้าประตูใหญ่กับคีย์การ์ด ขึ้นบันไดเลื่อนแล้วเลี้ยวขวาเดินไปสุดทางขวามือใช้คีย์การ์ดผ่านช่องกั้น แล้วขึ้นลิฟท์ไปชั้นที่ 12

5) ที่สำนักงาน TLSContact จะไม่อนุญาตให้นำกล้องถ่ายรูปและมือถือเข้าไปด้วย ต้องฝากไว้ที่ห้องรับฝากด้านนอกหน้าสำนักงาน

6) เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการทุกอย่าง จะได้รับใบนัดรับวีซ่า

2.3.6 การเตรียมเอกสารเพื่อสมัคร CERN User

การเตรียมเอกสารสำหรับสมัคร CERN User สำหรับทำบัตรผ่าน CERN card ที่ CERN Users' Office (http://usersoffice.web.cern.ch/) โดยให้กรอกเอกสารที่ดาวน์โหลดมา พร้อมเซ็นต์กำกับให้เรียบร้อย



รูปที่ 2.17: ตำแหน่งที่ตั้งของสำนักงาน TLSContact กรุงเทพมหานคร

ที่มา: https://www.tlscontact.com/th2ch/page.php?pid=addresses

ก่อนเดินทาง

1) Registration Form and Contract โหลดได้จาก http://usersoffice.web.cern.ch/sites/usersoffice.web.cern.ch/files/pdf/Formalities/RFormEN.pdf

2) Home Institution Declaration โหลดได้จาก http://usersoffice.web.cern.ch/sites/usersoffice.web.cern.ch/files/pdf/Formalities/HomeInstitutionDeclarationforUO.pdf โดยมีตัวอย่างการกรอกที่ http://usersoffice.web.cern.ch/sites/usersoffice.web.cern.ch/files/pdf/Formalities/HIDHowto.pdf

2.3.7 การเตรียมตัวอื่นๆ เพิ่มเติม

1) ทำแบบทดสอบออนไลน์พื้นฐานความปลอดภัย SIR (https://sir.cern.ch) สำหรับ CERN Safety Introduction ก่อนเดินทางไปที่ CERN (ซึ่งเป็นรายการที่ 2 ในรูป 2.8)

2) การเตรียมทักษะด้านภาษาอังกฤษ โดยเฉพาะสำหรับการติดต่อสื่อสารและประสานงาน

3) การเตรียมตัวสำหรับการเดินทางและพักอาศัยในต่างประเทศ

บทที่ 3

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วย AliRoot

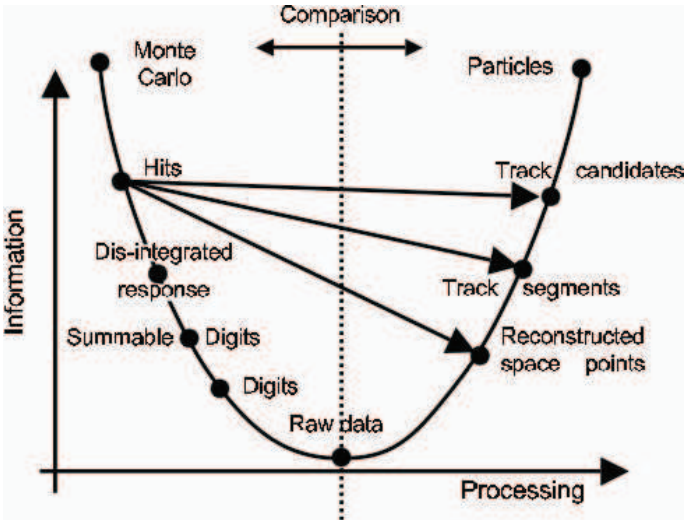
เนื้อหาในบทนี้ จะกล่าวถึงข้อมูลพื้นฐานสำหรับผู้ที่เริ่มใช้งานโปรมแกรม AliRoot

3.1 เกี่ยวกับ AliRoot

เป็นโปรแกรมการวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งเป็นสถาปัตยกรรมแบบเดียวกับ Root โดยทำหน้าที่ในการจำลองการสร้างใหม่และการวิเคราะห์โดยใช้องค์ประกอบอื่น ๆ ร่วม AliRoot จะทำการจำลองอนุภาควิ่งผ่านหัววัดที่มีค่าพลังงานต่าง ๆ ซึ่งสอดคล้องกับการทำงานของหัววัดอลิซ โปรแกรม AliRoot ถือเป็นโปรแกรมประเภทวัตถุซึ่งจะแตกต่างจากโปรแกรมที่มีการเก็บข้อมูลขนาดใหญ่อย่างเช่น Pythia6 และ HIJING โดยมีโครงสร้างทางวากยสัมพันธ์ (syntax) แบบภาษา C++ ในการติดตั้ง AliRoot จะต้องทำการติดตั้งองค์ประกอบร่วมที่จำเป็นให้ครบถ้วน จึงจะสามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์

3.2 ขอบข่ายการทำงานของ AliRoot

ขอบข่ายการทำงานสำหรับงานทางด้านฟิสิกส์พลังงานสูงนั้น จะประกอบไปด้วยเครื่องมือซอฟท์แวร์ที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ข้อมูล ยกตัวอย่างเช่น แต่เดิมนั้น เซิร์นจะใช้ PAW ซึ่งเป็นระบบการเก็บรวบรวมโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นตัวกำหนดขอบข่ายของการทำงาน โดย PAW เป็นเครื่องมือตัวแรกที่ใช้จัดการความสัมพันธ์ทั้งหมด โดยเฉพาะการวิเคาะห์ข้อมูล รูปแบบของขอบข่ายแสดงดังรูปที่ 3.1 ตำแหน่งแรกที่จะเกิดอันตรกิริยานั้น จะถูกกำหนดโดยเครื่องมือกำหนดเหตุการณ์ (event generator) ผลทางจลนศาสตร์ที่เกิดขึ้นตามมาจะถูกส่งต่อไปยังชุดการส่งผ่าน เมื่ออนุภาคถูกสร้างจากเครื่องมือกำหนดเหตุการณ์แล้ว อนุภาคเริ่มต้นก็จะทำอันตรกิริยาต่อกันจนได้เป็นอนุภาคใหม่ตามค่าโมเมนตัมเริ่มต้นที่ได้กำหนดไว้ จากนั้นจะถูกเก็บรวบรวมตามแบบแผนภาพของความสัมพันธ์ จากนั้นชุดส่งผ่านจะส่งอนุภาคที่สร้างขึ้นนี้ไปยังชุดของหัววัดต่าง ๆ ทำให้เกิดการสะสมพลังงาน ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ที่กำเนิด (hits) ถือเป็นคำศัพท์เฉพาะของอลิซ โดย hits จะมีข้อมูลของอนุภาคที่เป็นต้นกำหนดทุก ๆ ตัว สำหรับส่วนของเครื่อง



รูปที่ 3.1: แผนภาพแสดงขอบข่ายการทำงานของระบบ AliRoot
(ที่มา:The ALICE Offline Bible Version 0.00 (Rev. 22))

วัดพลังงาน (PHOS และ EMCAL) hits จะหมายถึงพลังงานทั้งหมดที่ถูกปลดปล่อยภายในทั้งระบบตรวจวัด แต่ในบางระบบ จะใช้ hits เพื่อเปรียบเทียบกับค่าเริ่มต้นเท่านั้น เช่น TOF และที่ชั้นของเซนเซอร์บน ITS

ในลำดับต่อไป จะเป็นการทำหน้าที่ของหัววัด โดย hits ที่เกิดขึ้นจะถูกแปลเปลี่ยนไปเป็น digits อย่างที่ได้กล่าวไปแล้วว่า hits นั้นสามารถบอกที่มาของอนุภาคได้ ดังนั้น การเปลี่ยน hits ไปเป็น digits ก็คือการแยกแยะข้อมูลทั้งหมดเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Monte Carlo ต่อไป

หลังจากสร้าง digits แล้วจะเกิดกระบวนการสร้างใหม่เพื่อทำการวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพของหัววัดรวมไปถึงซอฟต์แวร์และการศึกษาร่องรอยใหม่ ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นด้วย ในกระบวนการสร้างใหม่นี้ ผู้ใช้สามารถเพิ่มเติมส่วนของคำสั่งที่ต้องการทำการวิเคราะห์เข้าไปในสายพานการวิเคราะห์ภายใต้ขอบข่ายของระบบ ซึ่งถ้าหากเป็นส่วนที่ได้รับความสนใจจากนักฟิสิกส์ทั้งหลาย สามารถที่จะเพิ่มเติมเข้าไปอยู่ในขอบข่ายการทำงานหลักต่อไปได้

ข้อมูลเพิ่มเติมสำหรับขอบข่ายการทำงานของ AliRoot รวมถึงคำถามและคำแนะนำ สามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้จากอ้างอิง [32]

3.3 ขั้นตอนการติดตั้งและชุดพัฒนาระบบ

ในหัวข้อนี้จะได้กล่าวถึงข้อมูลพื้นฐานสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งโปรแกรม AliRoot ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับปฏิบัติงานของหัววัดอลิซ และเป็นโปรแกรมที่มีการดำเนินการบนพื้นฐานของ Root

3.3.1 ระบบปฏิบัติการและตัวคอมไพล์

เซิร์นได้มีการพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์บนระบบปฏิบัติการ Linux ในเวอร์ชันที่ชื่อว่า Scientific Linux CERN (SLC) ซึ่งมีลักษณะการทำงานที่คล้ายกับระบบ RedHat และ Fedora รวมถึงลินุกซ์เวอร์ชันอื่น ๆ อย่างเช่น Ubontu เป็นต้น ตัวคอมไพล์หลักที่ใช้บนลินุกซ์คือ gcc ซึ่งสามารถทำงานร่วมกับโปรแกรมภาษาฟอร์แทรน AliRoot สามารถทำงานได้ทั้งระบบปฏิบัติการที่มีชิพประมวลผลแบบ 32 บิต และ 64 บิต

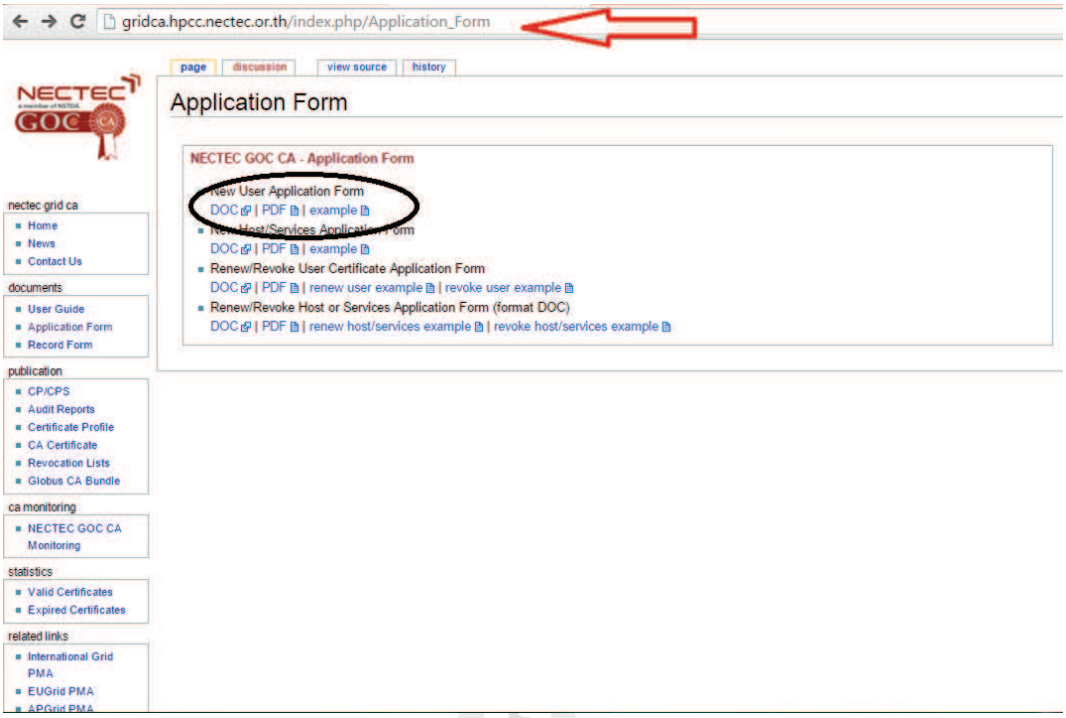
3.4 การสมัครขอ Certificate Authority (CA) จาก NECTEC

การสมัครสมาชิกเพื่อขอรับ CA ใน NECTEC นี้เพื่อจะขอใช้สิทธิ์ในการใช้เครื่องมือและในการตรวจสอบคุณภาพทางอุปกรณ์ทางอิเล็กโทรนิกส์และคอมพิวเตอร์ซึ่งหน่วยงานนี้เป็นหน่วยงานของรัฐบาลโดยตรงเพื่อให้บริการทางด้านความรู้และบริการทางด้านการตรวจสอบทางด้านอิเล็กโทรนิกส์และคอมพิวเตอร์โดยตรงแก่หน่วยงานและประชาชนทั่วไปทั้งภาคอุตสาหกรรมและหน่วยงานของภาครัฐ โดยมีพันธกิจเพื่อสนันสนุนการวิจัยพัฒนาและวิศวกรรมจากระดับห้องปฏิบัติการถึงขั้นโรงงานต้นแบบ ทั้งในด้านการสร้างขีดความสามารถและศักยภาพในสาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์และวิเคราะห์ สนับสนุน และติดตามประเมินผลโครงการวิจัยพัฒนาและวิศวกรรมของภาครัฐ ภาคเอกชน และสถาบันการศึกษาเพื่อสร้างความสามารถและศักยภาพในสาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ อีกทั้งยังให้บริการวิเคราะห์และทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ การสอบเทียบมาตรฐานและความถูกต้องของอุปกรณ์ การให้บริการข้อมูล และการให้คำปรึกษาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ร่วมจัดการฝึกอบรมและพัฒนาบุคลากร รวมทั้งให้คำปรึกษาทางวิชาการ เป็นต้น

3.5 ระเบียบการสมัครสมาชิก CA ใน NECTEC

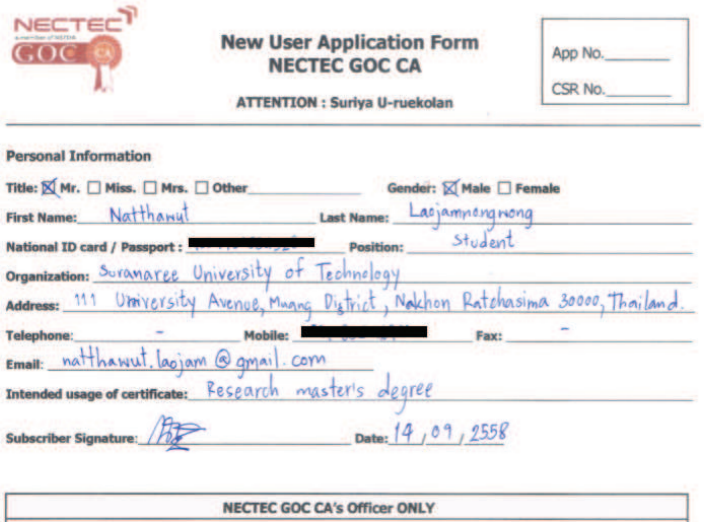
ขั้นตอนการสมัครสมาชิกของ NECTEC ขั้นตอนแรกผู้สมัครต้องทำการสมัครไปโดยเข้าไปที่เวปไซต์ http://gridca.hpcc.nectec.or.th/index.php/Application_Form ซึ่งเมื่อคลิกเข้าไปจะเห็นลักษณะหน้าเวปไซต์เป็นดังรูปที่ 3.2 นี้

ในการดาวน์โหลดเอกสารนั้นให้คลิกคำสั่งเข้าไปที่แถบเมนูในแถบวงกลมสีดำดังรูปที่ 3.2 เพื่อดาวน์โหลดเอกสารเป็นไฟล์ PDF หรือ ไฟล์ Word หลังจากนั้นให้ทำการกรอกเอกสารให้เรียบร้อยดังตัวอย่างใน Example ของเวปไซต์หรือกรอกเอกสารดังตัวอย่าง ดังรูป 3.3 รวมทั้งสำเนาบัตรประชาชนแล้วทำการสแกนเอกสารดังรูป 3.3 ส่งไปทางอีเมลถึงคุณ สุริยะ อุรุเอกโอฬาร (ที่อยู่อิเมล์ suriya.u-ruekolan@nectec.or.th) ดังที่แสดงในรูป 3.4



รูปที่ 3.2: ลักษณะหน้าจอเวปไซต์ที่ใช้ในการในการสมัคร

ที่มา http://gridca.hpcc.nectec.or.th/index.php/Application_Form



New User Application Form
NECTEC GOC CA

ATTENTION : Suriya U-ruekolan

App No._____
CSR No._____

Personal Information

Title: ☒ Mr. ☐ Miss. ☐ Mrs. ☐ Other_____ Gender: ☒ Male ☐ Female

First Name: Natthawut Last Name: Laojamnongnong

National ID card / Passport : [redacted] Position: student

Organization: Suranaree University of Technology

Address: 111 University Avenue, Muang District, Nakhon Ratchasima 30000, Thailand.

Telephone: - Mobile: [redacted] Fax: -

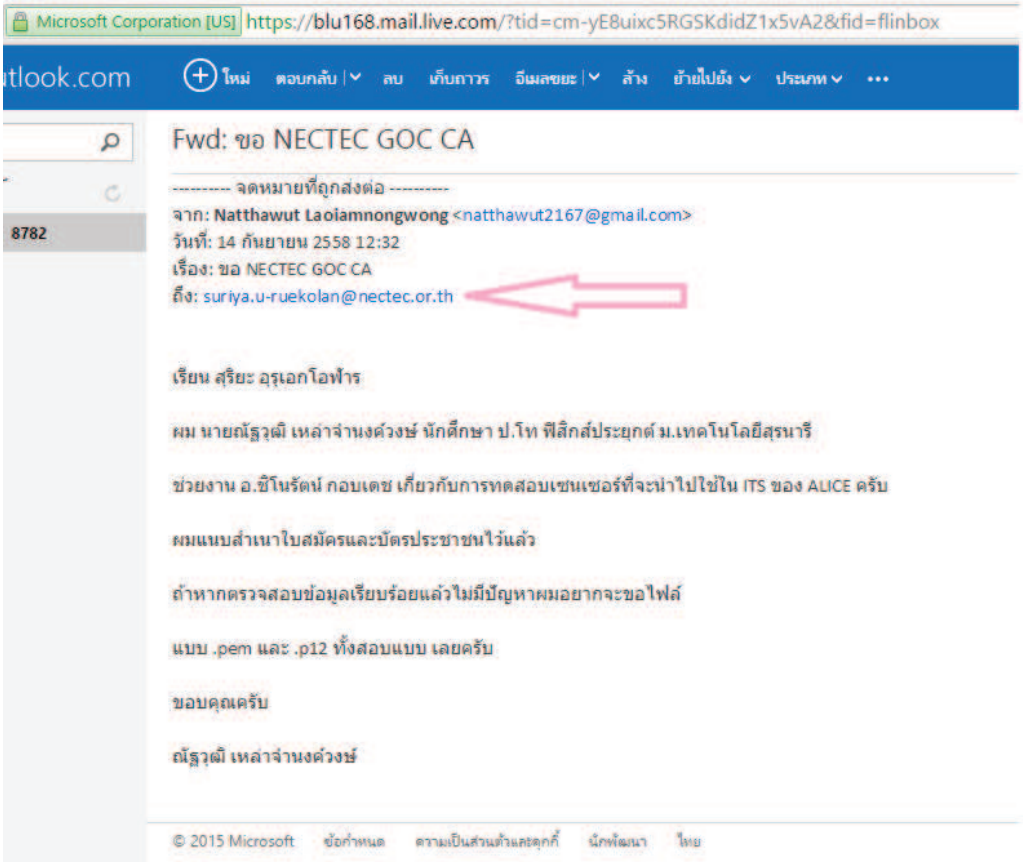
Email: natthawut.laojam@gmail.com

Intended usage of certificate: Research master's degree

Subscriber Signature: _____ Date: 14/09/2558

NECTEC GOC CA's Officer ONLY

รูปที่ 3.3: ตัวอย่างของการกรอกเอกสาร



รูปที่ 3.4: ตัวอย่าง e-mail ของหนังสือแสดงเจตจำนงค์ถึง NECTEC

ที่มา https://blu168.mail.live.com/?tid=cm-yE8uixc5RGSKdidZ1x5vA2&fid=flinbox

3.5.1 การเตรียมความพร้อมก่อนการติดตั้งโปรมแกรม AliRoot

สิ่งสำคัญในการเข้าถึงทรัพยากรของอลิซคือการเป็นสมาชิกของสถานีทดลองหัววัดอลิซนั่นเอง ดังรายละเอียดดังที่ได้กล่าวไปแล้ว

หลังจากที่ได้ทำการสมัครเป็นสมาชิกของสถานีทดลองหัววัดอลิซเป็นที่เรียบร้อยแล้วนั้น จะสามารถดาวน์โหลด Grid Certificate ซึ่งเปรียบเสมือนใบรับรองอิเล็กทรอนิกซ์ที่ใช้เพื่อการเข้าถึงทรัยพยากรของอลิซ ในหัวข้อนี้จะได้กล่าวถึงการติดตั้งใบรับรองเพื่อทำการติดตั้งโปรมแกรม AliRoot ต่อไป

- ขั้นตอนการนำใบรับรองมาใช้งานหลังจากที่ได้ทำการติดตั้งไว้แล้ว

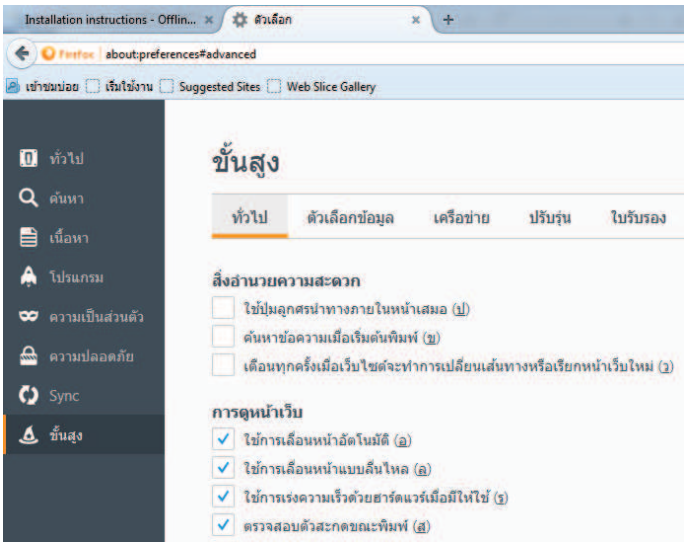
การนำออกใบรับรองที่ฝังอยู่ในบราวเซอร์ สำหรับบราวเซอร์ที่ใช้งานอยู่นั้น โดยปกติสามารถที่จะนำใบรับรองที่ฝังอยู่ออกมา ในกรณีของระบบปฏิบัติการลีนุกซ์จะใช้บราวเซอร์ที่ชื่อ Mozila FireFox ซึ่งสามารถทำได้ดังนี้

1) เลือกที่แถบตัวเลือกมุมบนด้านขวาของหน้าต่างบราวเซอร์ จากนั้นเลือกที่ปุ่ม ”ตัวเลือก” ดังรูปที่ 3.5

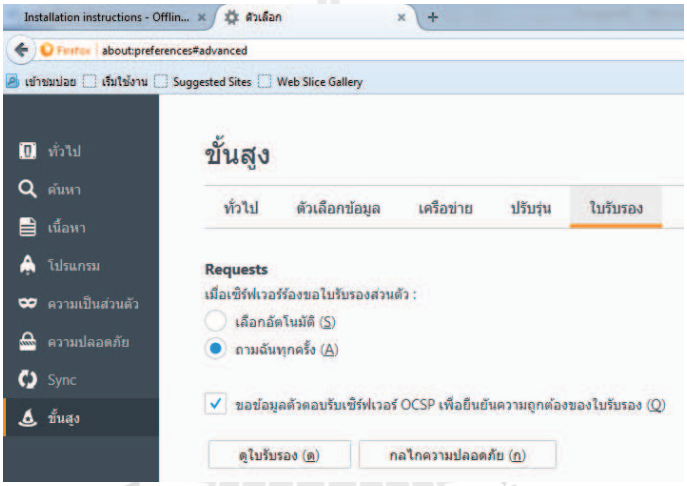
รูปที่ 3.5: ภาพแสดงรายการสำหรับเข้าดูใบรับรองผ่านบราวเซอร์ชนิด Mozila FireFox

2) ทำการเลือกแถบ “ขั้นสูง” ทางด้านซ้าย ดังรูปที่ 3.6

3) ในแถบข้อมูลขั้นสูง ให้เลือกหัวข้อ “ใบรับรอง” จากนั้นให้เลือก “ดูใบรับรอง” ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.6: ภาพแสดงตัวเลือกขั้นสูงสำหรับการปรับแต่งค่าการทำงานของบราวเซอร์ชนิด Mozila FireFox



รูปที่ 3.7: แถบแสดงรายการใบรับรองที่ถูกติดตั้งไว้ภายในบราวเซอร์ชนิด Mozila FireFox

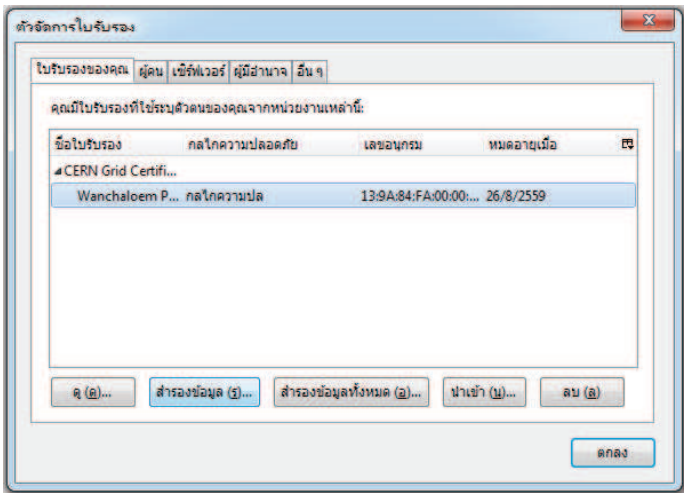
4) ที่กล่องตัวจัดการใบรับรอง ให้เลือกแถบ “ใบรับรองของคุณ” เลือกไปที่ใบรับรอง CERN Grid Certificate จากนั้นให้ทำการสำรองโดยเลือกที่แถบ “สำรองข้อมูล” ดังรูปที่ 3.8

5) จากนั้นให้ทำการบันทึกใบรับรองบนเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยเลือกประเภทของไฟล์ที่จะบันทึกเป็นแบบ PCKS12 ซึ่งจะได้ไฟล์ที่มีนามสกุลเป็น .p12 ในตัวอย่างนี้ จะได้ไฟล์ใบรับรองเป็น cert.p12

- ขั้นตอนการติดตั้งใบรับรองในระบบปฏิบัติการลินุกซ์

หลังจากที่ได้ทำการสำรองใบรับรองมาเรียบร้อยแล้ว ในขั้นตอนต่อไปจะเป็นการนำใบรับรองนี้ไปติดตั้งยังระบบปฏิบัติการ เนื่องจากใบรับรองที่ได้ทำการสำรองมานั้นอยู่ในรูปแบบของใบรับรองบราวเซอร์ซึ่งต่างจากใบรับรองรูปแบบกริด (pem) ดังนั้นจึงต้องทำการแปลงเสียก่อน [33]

1) เข้าไปยังที่เก็บใบรับรองจากนั้นทำการแยกไฟล์กุญแจสำหรับผู้ใช้ (userkey.pem) ออกจากใบรับรอง



รูปที่ 3.8: ภาพตัวจัดการใบรับรอง สำหรับใบรับรองชื่อ CERN Grid Certificate

สามารถทำได้โดยใช้คำสั่ง:

```
[HOME]$ openssl pkcs12 -nocerts -in cert.p12 -out userkey.pem
```

2) ทำการแยกไฟล์ใบรับรองสำหรับผู้ใช้ (usercert.pem) ออกจากใบรับรอง สามารถทำได้โดยใช้คำสั่ง:

```
[HOME]$ openssl pkcs12 -clcerts -nokeys -in cert.p12 -out usercert.pem
```

3) ทำการสร้างโฟลเดอร์เพื่อเก็บไฟล์ใบรับรองสำหรับผู้ใช้ที่ชื่อ .globus ไว้ในไดเร็คทอรี $HOME โดยใช้คำสั่ง:

```
[HOME]$ mkdir .globus
```

4) ก่อนที่จะนำไฟล์ใบรับรองสำหรับผู้ใช้และไฟล์กุญแจสำหรับผู้ใช้เข้ามาเก็บในโฟลเดอร์ชื่อ .globus ที่สร้างไว้นั้น จะต้องทำการเปลี่ยนสถานะการยอมรับของไฟล์ทั้งสองเสียก่อนโดย สามารถทำได้ดังนี้

- เปลี่ยนโหมดของไฟล์เพื่อป้องกันการเขียนข้อมูลทับ

  ```
  [HOME]$ chmod 400 userkey.pem
  ```

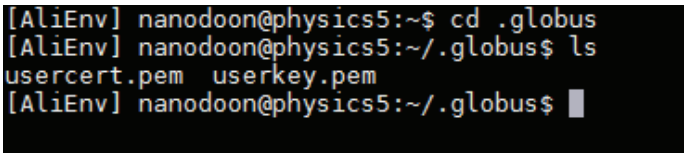
- เปลี่ยนโหมดของไฟล์เพื่อความเป็นส่วนตัว มีเพียงผู้ใช้เท่านั้นที่สามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขไฟล์นี้ในภายหลังได้

  ```
  [HOME]$ chmod 600 usercert.pem
  ```

เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงสถานะการยอมรับเป็นที่เรียบร้อยแล้ว สามารถนำมาเก็บในโฟลเดอร์ได้ดังรูปที่ 3.9

3.5.2 การติดตั้งโปรแกรม AliRoot แบบอัตโนมัติ (แนะนำสำหรับผู้ที่เริ่มใช้งาน)

ขั้นตอนการติดตั้งและคอมไพล์โปรแกรม AliRoot ผ่านระบบ Root ของอลิซได้ถูกรวบรวมไว้สำหรับระบบปฏิบัติการ Ubuntu, Fedora และ OS X สำหรับเวอร์ชันต่าง ๆ ดังนี้



รูปที่ 3.9: ภาพแสดงไฟล์กุญแจสำหรับผู้ใช้และไฟล์ใบรับรองสำหรับผู้ใช้ที่ถูกเก็บไว้ในไดเร็คทอรีชื่อ .globus เป็นที่เรียบร้อย

- Ubuntu 64 bit 12.04 LTS, 12.10, 13.04, 13.10, 14.04 LTS, 14.10, 15.04
- Fedora 64 bit 21
- CERN CentOS 7
- OS X Mavericks (10.9) and Yosemite (10.10)

แต่ละระบบปฏิบัติการข้างต้นได้รับการทดสอบการทำงานเป็นที่เรียบร้อยและมีขั้นตอนการติดตั้งที่คล้ายคลึงกัน อาจมีความแตกต่างกันในรายละเอียดบ้างเพียงเล็กน้อย โดยสาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ได้จัดทำชุดคำสั่งสำหรับการติดตั้งไว้เพื่อความสะดวกดังเอกสารอ้างอิง [34] การติดตั้งโปรแกรมมีขั้นตอนดังนี้

1) การติดตั้งแบบด่วนทั้งระบบ (หรืออัพเกรด)

ในขั้นตอนแรกก่อนที่จะเริ่มติดตั้งนั้น จะต้องเตรียมความพร้อมของระบบเสียก่อนโดยทำตามขั้นตอนดังนี้

- ทำการถอดโปรแกรม Root เวอร์ชันก่อนหน้าที่ได้ทำการติดตั้งไว้ออกเสียก่อน สามารถตรวจสอบภายในเครื่องคอมพิวเตอร์ของเราว่ามีการติดตั้งอยู่ก่อนหรือไม่โดยใช้คำสั่ง:

```
[HOME]$ dpkg –get-selections | grep Root-system
```

- หากตรวจสอบแล้วพบว่ามีการติดตั้งอยู่ให้ทำการถอดการติดตั้งด้วยคำสั่ง:

```
[HOME]$ sudo apt-get purge Root-system-XXX Root-system-YYY...
```

- ตรวจสอบแพคเกจของระบบทำการอัพเดทแพคเกจต่าง ๆ ของระบบให้มีความทันสมัยที่สุดโดยใช้คำสั่ง:

```
[HOME]$ sudo apt-get update
```

- เมื่อตรวจรายการที่ต้องทำการอัพเดทเป็นที่เรียบร้อย ให้ทำการติดตั้งแพคเกจดังกล่าวโดยใช้คำสั่ง:

```
[HOME]$ sudo apt-get install curl build-essential gfortran subversion cmake
libmysqlclient-dev xorg-dev libglu1-mesa-dev libfftw3-dev libssl-dev
libxml2-dev libtool automake git unzip libcgal-dev
```

- กำหนดที่อยู่ใหม่สำหรับระบบ git (git-new wordir) ทำการตรวจสอบว่ามีตัวดำเนินการที่ชื่อ git-new-workdir อยู่ใน $PATH ของ AliRoot หรือไม่ โดยใช้คำสั่ง:

```
[HOME]$ which git-new-workdir
```

- หากไม่พบ ให้ทำการติดตั้งตัวดำเนินการเสียก่อนโดยใช้คำสั่ง

```
[HOME]$ sudo curl -L https://raw.github.com/gerrywastaken/git-new-workdir
/master/git-new-workdir -o /usr/bin/git-new-workdir
```

```
[HOME]$ sudo chmod +x /usr/bin/git-new-workdir
```

- ทำการดาวน์โหลดและติดตั้งไฟล์ alice-env.sh เพื่อทำการกำหนดสภาพแวดล้อมของระบบให้ตรงกับการทำงานของโปรแกรม โดยสามารถดาวน์โหลดได้ที่ https://raw.githubusercontent.com/dberzano/cern-alice-setup/master/alice-env.sh การใช้งาน AliRoot จะต้องทำการเรียกไฟล์ alice-env.sh ทุกครั้งโดยทำการดาวน์โหลดไฟล์นี้เพียงครั้งเดียวในตอนเริ่มต้นการติดตั้ง และไฟล์นี้จะทำการอัพเดทตัวเองโดยอัตโนมัติ และมีการแจ้งเตือนผู้ใช้เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง การเรียกใช้ alice-env.sh ทำได้โดยใช้คำสั่ง:

```
[HOME]$ source alice-env.sh
```

- จากนั้น เริ่มต้นการติดตั้งทั้งระบบโดยใช้หน่วยประมวลผลสูงสุด โดยใช้คำสั่ง:

```
[HOME]$ bash <(curl -fsSL http://alien.cern.ch/alice-installer) - -all
```

- หากต้องการทำงานอย่างอื่นขณะทำการติดตั้งโปแกรม AliRoot สามารถทำการติดตั้งโดยเลือกใช้เพียงบางหน่วยประมวลผลได้ โดยใช้คำสั่ง:

```
[HOME]$ bash <(curl -fsSL http://alien.cern.ch/alice-installer) - -all - -ncores 1
```

2) <u>การเลือกติดตั้งเฉพาะส่วน (การอัพเกรด)</u>

เป็นการติดตั้งแบบอัตโนมัติโดยสามารถเลือกเฉพาะส่วนประกอบของโปรแกรมได้

- การติดตั้งแบบอัตโนมัติโดยเลือกเฉพาะส่วนประกอบที่ต้องการ สามารถทำได้โดยใช้คำสั่ง:

```
[HOME]$ bash <(curl -fsSL http://alien.cern.ch/alice-installer) - -alien - -Root
- -geant3 - -AliRoot - -aliphysics - -fastjet
```

- คำสั่งข้างต้น จะให้ผลลัพธ์เช่นเดียวกับการใช้คำสั่ง - -all ไม่ว่าจะเรียงลำดับของส่วนประกอบอย่างไรก็ตาม ระบบจะดำเนินการตามแบบแผนมาตรฐานของโปรแกรม หากต้องการปรับปรุงเฉพาะส่วนประกอบเช่น Root หรือ Geant 3 สามารถทำได้โดยใช้คำสั่ง :

```
[HOME]$ bash <(curl -fsSL http://alien.cern.ch/alice-installer) - -Root - -geant3
```

3) <u>การทำความสะอาดซอฟท์แวร์การติดตั้ง</u>

คือการลบข้อมูลสำหรับการติดตั้งเมื่อทำการติดตั้งเสร็จ

- หลังจากทำการติดตั้งเสร็จสิ้น ไฟล์สำหรับการติดตั้งเหล่านี้ซึ่งมีขนาดใหญ่จะถูกลบออกจากไดเร็กทอรีของการติดตั้ง เหลือไว้แต่ข้อมูลของระบบสำหรับการทำงานเท่านั้น การทำความสะอาด สามารถทำได้โดยใช้คำสั่ง :

```
[HOME]$ bash <(curl -fsSL http://alien.cern.ch/alice-installer) - -clean-all
```

- หรือสามารถเลือกทำความสะอาดโดยการระบุส่วนประกอบต่างๆที่ต้องการได้โดยใช้คำสั่ง :

```
[HOME]$ bash <(curl -fsSL http://alien.cern.ch/alice-installer) - -clean-alien
- -clean-Root - -clean-geant3 - -clean-AliRoot - -clean-fastjet - -clean-aliphysics
```

- คำสั่งข้างต้นนี้ จะให้ผลเช่นเดียวกับคำสั่ง - -clean-all หากต้องการเลือกทำความสะอาดเพียงบางส่วน สามารถทำได้โดยใช้คำสั่ง :

```
[HOME]$ bash <(curl -fsSL http://alien.cern.ch/alice-installer)
- -clean-aliphysics - -clean-fastjet
```

4) ทำการรวบรวมข้อมูลระบบ

เป็นการรวบรวมและรายงานปัญหาจากการติดตั้งและการใช้งาน สามารถทำได้โดยใช้คำสั่ง :

```
[HOME]$ bash <(curl -fsSL http://alien.cern.ch/alice-installer) - -bugreport
```

หลังจากที่ใช้คำสั่งนี้แล้ว ไฟล์รายงานจะถูกสร้างขึ้นเพื่อรวบรวมปัญหาและส่งต่อไปยังฝ่ายสนับสนุนต่อไป หากไม่ต้องการให้เผยแพร่ข้อมูลสำคัญในไฟล์รายงานนี้ สามารถที่จะทำการเข้ารหัสก่อนที่จะส่งต่อไปยังฝ่ายสนับสนุนได้

5) การดาวน์โหลดโดยไม่ต้องทำการแปลเป็นภาษาคอมพิวเตอร์

เนื่องจากในการทำงานของระบบจะอ้างอิงข้อมูลที่เป็นปัจจุบันจากเซิร์ฟเวอร์หลักและอาจใช้เวลานานในการประมวลผล ดังนั้น ในการติดตั้งแบบอัตโนมัติ สามารถเลือกการติดตั้งได้ 2 รูปแบบดังนี้

1. - -download-only: ระบบจะทำการดาวน์โหดซอฟท์แวร์แต่จะไม่มีการประมวลผลระหว่างการติดตั้ง

2. - -no-download: ระบบจะทำการประมวลผลเพียงอย่างเดียวแต่จะไม่ทำการอัพเดทหรือดาวน์โหลด แม้ว่าจะมีการอัพเดทข้อมูลใหม่ก็ตาม

วิธีการเหล่านี้เป็นประโยชน์ต่อการทำงานที่ไม่ต้องการติดต่อกับเซิร์ฟเวอร์หลัก เพื่อความรวดเร็วในการประมวลผล โดยจะต้องทำการดาวน์โหลดข้อมูลที่สำคัญให้ครบถ้วนเสียก่อน ในกรณีที่ต้องการอัพเดท AliRoot เวอร์ชันล่าสุดในภายหลัง สามารถทำได้โดยใช้คำสั่ง:

```
[HOME]$ bash <(curl -fsSL http://alien.cern.ch/alice-installer) - -download-only - -AliRoot
```

เมื่ออัพเดทเรียบร้อยสามารถทำการประมวลผลโดยไม่ต้องทำการอัพเดทอีกโดยใช้คำสั่ง:

```
[HOME]$ bash <(curl -fsSL http://alien.cern.ch/alice-installer) - -no-download - -AliRoot
```

6) ตัวเลือกการสร้าง

สามารถเลือกปรับการสร้างและระดับการแก้ปัญหาได้ตามความต้องการโดยการเลือกตัวเลือกตามแบบชนิด (- -type) ดังนี้

1. - -type normal เป็นตัวเลือกอัตโนมัติหากมิได้มีการกำหนด สำหรับการแก้ปัญหาและการปรับปรุงแบบปกติ

2. - -type optimized เป็นตัวเลือกที่ไม่มีการแก้ปัญหา แต่จะทำการปรับปรุงแบบสูงสุด

3. - -type debug เป็นตัวเลือกเฉพาะการแก้ปัญหาเท่านั้น ไม่มีการปรับปรุงใด ๆ

- หากทำการสร้างระบบโดยใช้ชุดคำสั่งข้างต้นเป็นที่เรียบร้อยแล้ว และต้องการที่จะทำการสร้างระบบใหม่อีกครั้ง จะต้องทำการทำความสะอาดก่อนถึงจะสามารถสร้างระบบได้อีกครั้ง ตัวอย่างเช่น หากต้องการสร้างระบบ AliPhysics สามารถทำได้โดยใช้คำสั่ง:

```
[HOME]$ bash <(curl -fsSL http://alien.cern.ch/alice-installer) - -clean-aliphysics
- -aliphysics - -type optimized
```

- คำสั่งข้างต้นนี้จะปฏิบัติการทำความสะอาดระบบเก่าก่อน แล้วจึงทำการสร้างใหม่อีกครั้งโดยใช้การปรับปรุงสูงสุดและไม่มีการแก้ปัญหา

ข้อมูลและรายละเอียดในการติดตั้งสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากอ้างอิง [35]

3.6 ส่วนประกอบซอฟแวร์ใน AliRoot

โปรแกรม AliRoot ประกอบไปด้วยแพคเกจต่าง ๆ สำหรับการทำงานและวิเคราะห์ผลดังต่อไปนี้

1) AliEn เป็นแพคเกจแรกของการติดตั้งโปรแกรม AliRoot ใช้สำหรับการทำงานผ่านระบบกริด

2) Root เป็นซอฟท์แวร์สำหรับการทำงานของอลิซ โดยขอบข่ายการทำงานของ Root ก็จะครอบคลุมขอบข่ายการทำงานทั้งหมดของ AliRoot เช่นกัน

3) GEANT 3 เป็นแพคเกจสำคัญ สำหรับการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของอนุภาค

4) GEANT 4 เป็นแพคเกจเพิ่มเติมจาก GEANT 3

5) FLUKA เป็นแพคเกจสำหรับการคำนวณเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของอนุภาคและการเกิดอันตรกิริยาระหว่างอนุภาครวมไปถึงการตรวจวัดรังสีคอสมิก

6) AliRoot เป็นแพคเกจสำหรับการกำหนดขอบข่ายการทำงานในการศึกษาและวิเคราะห์ของหัววัดอลิซ

7) Debugging เป็นแพคเกจสำหรับการแก้ปัญหาในระหว่างการพัฒนาหรือการใช้งานโปรแกรม AliRoot

8) Profiling เป็นแพคเกจสำหรับตรวจสอบเรื่องเวลาของการทำงานในระบบต่าง ๆ เพื่อการปรับปรุงและแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

9) Detection of run time errors เป็นแพคเกจสำหรับตรวจหาความผิดปกติในการทำงานของ AliRoot เช่นหน่วยความจำหรือแคช

10) Useful information LSF and CASTOR เป็นแพคเกจข้อมูลสำหรับผู้ใช้ที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องมือเกี่ยวกับระบบกริดรวมถึงการเข้าถึงข้อมูล

3.7 การทดสอบการทำงานของ AliRoot

การชนกันของไอออนหนักทำให้เกิดอนุภาคต่าง ๆ มากมาย ซึ่งถือเป็นความท้าทายในการสร้างแบบจำลองและการวิเคราะห์ โดยเริ่มจากการออกแบบหัววัด การพัฒนารูปแบบกระบวนการเพื่อให้ได้การจำลองแบบที่ให้ผลใกล้เคียงกับปรากฏการณ์จริงมากที่สุด ดังนั้น การสร้างแบบจำลองจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก

3.7.1 ขอบข่ายของการจำลองแบบ

ขอบข่ายการทำงานของการจำลองแบบครอบคลุมทั้งการจำลองการชนปฐมภูมิและการเกิดอนุภาคใหม่ การเดินทางผ่านหัววัดของอนุภาค การจำลองการสะสมพลังงานที่ส่วนต่าง ๆ ของหัววัด (hits) และผลลัพธ์ของการตอบสนอง (digits) รวมถึงการสร้างข้อมูลดิบ โปรแกรม AliRoot จะมีคลาสที่ชื่อ AliSimulation เป็นตัวประสานการใช้งานบนขอบข่ายการจำลองแบบกับผู้ใช้ โดยมีแผนภาพการทำงานดังรูปที่ 1.8

3.7.2 การทดสอบโปรแกรม

ไฟล์ที่เป็นตัวกำหนดค่าในการจำลองการชนของโปรแกรม AliRoot คือไฟล์ที่ชื่อ Config.C ซึ่งใช้ภาษา C++ ในการสั่งงานโดยจะทำการสร้างและกำหนดวัตถุในการจำลองแบบด้วยวิธี Monte Carlo เครื่องกำเนิดอนุภาค สนามแม่เหล็กรวมไปถึงชนิดของหัววัดด้วย เมื่อทำการกำหนดค่าต่าง ๆ ที่ต้องการจะทำการจำลองเป็นที่เรียบร้อยแล้ว สามารถทำการจำลองได้ดังต่อไปนี้

1) เมื่อเข้าระบบปฏิบัติการลินุกซ์หากได้ทำการติดตั้งโปรแกรม AliRoot โดยสมบูรณ์แล้ว เมื่อทำการล็อคอินเข้าระบบปฏิบัติการลีนุกซ์จะปรากฏหน้าต่างที่แสดงถึงคอมไพล์เลอร์ที่ใช้ควบคุมไฟล์ควบคุมสภาพแวดล้อมของการทำงานรวมถึงไดเร็คทอรีที่ใช้เก็บโปรแกรมและแพ็คเกจ AliRoot หากไม่ได้ทำการตั้งค่าให้มีการเรียกใช้ไฟล์ควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับการทำงานของ AliRoot แบบอัตโนมัติ สามารถทำได้โดยใช้คำสั่ง

```
[HOME]$ source $HOME/software/alice/alice-env.sh -n
```

หลังจากทำการเรียกไฟล์ควบคุมสภาพแวดล้อมในการทำงานแล้ว ระบบจะแสดงสถานะความพร้อมในการทำงานดังรูปที่ 3.10

```
Last login: Mon Sep 28 00:33:13 2015 from 49.48.82.154
/usr/share/doc/git-1.8.3.1/contrib/workdir

Using config file /home/nanodoon/software/alice/alice-env.conf
ALICE software directory is /home/nanodoon/software/alice

  AliEn          /home/nanodoon/software/alice/alien/api
  ROOT           /home/nanodoon/software/alice/root/v5-34-26/inst
  Geant3         /home/nanodoon/software/alice/geant3/v2-0/inst
  AliRoot Core   /home/nanodoon/software/alice/aliroot/master/inst
  AliPhysics     /home/nanodoon/software/alice/aliphysics/master/inst

[AliEnv] nanodoon@physics5:~$
```

รูปที่ 3.10: ภาพแสดงสถานะความพร้อมในการทำงานและตำแหน่งที่ใช้จัดเก็บซอฟต์แวร์สำหรับโปรแกรม AliRoot

2) สำหรับตัวอย่างในการทดสอบการทำงานนี้จะยกตัวอย่างในส่วนของการทำงานของอุปกรณ์ตรวจวัดทางเดินของอนุภาคชั้นในที่เรียกว่า ITS ซึ่งไฟล์ควบคุมทั้งหมดจะถูกบรรจุอยู่ในไดเร็คทอรีที่ชื่อ testITSUv1 สามารถเข้าถึงไดเร็คทอรีนี้ด้วยคำสั่ง:

`[HOME]$ cd $HOME/software/alice/AliRoot/master/src/ITS/UPGRADE/testITSUv1/`

ภายในไดเร็คทอรีนี้จะประกอบไปด้วยไฟล์ควบคุมต่าง ๆ ดังรูปที่ 3.11

```
[AliEnv] nanodoon@physics5:~$ cd $HOME/software/alice/aliroot/master/src/ITS/UPGRADE/testITSUv1/

git: you are currently on branch master
[AliEnv] nanodoon@physics5:~/software/alice/aliroot/master/src/ITS/UPGRADE/testITSUv1$ ls
Config.C                CreateITSUv1_tdr7.C  geometry_2.root  geometry_6.root       MaterialBudget_README  syswatch.log
CreateITSUv0.C          galice.root          geometry_3.root  GetMaterialBudget.C   Material-details.pdf
CreateITSUv1.C          geometry_0.root      geometry_4.root  itsSegmentations.root  runMatBud.sh
CreateITSUv1.C_template geometry_1.root      geometry_5.root  MakeMatBudPlots.C      sim.C

git: you are currently on branch master
[AliEnv] nanodoon@physics5:~/software/alice/aliroot/master/src/ITS/UPGRADE/testITSUv1$
```

รูปที่ 3.11: ภาพแสดงไฟล์ควบคุมต่าง ๆ สำหรับการทำงานของอุปกรณ์ตรวจวัดทางเดินของอนุภาคชั้นใน (ITS)

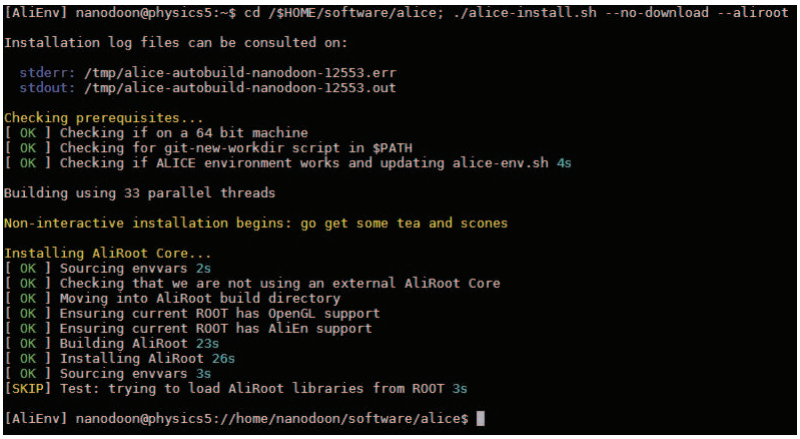
3) ทำการสร้างวัตถุสำหรับการจำลองโดยใช้ AliRoot เป็นตัวกำหนดขอบข่ายของการจำลอง สามารถทำได้โดยใช้คำสั่งดังนี้

`[HOME]$ cd /$HOME/software/alice; ./alice-install.sh –no-download –AliRoot`

คำสั่งนี้จะเป็นการคอมไพล์ส่วนควบคุมต่าง ๆ ของ AliRoot ที่ได้มีการกำหนดไว้โดยไม่มีการอัพเดทข้อมูลเพิ่มเติมซึ่งจะทำให้การทำงานรวดเร็วขึ้น ผลลัพธ์ของการสร้างวัตถุแสดงดังรูปที่ 3.12

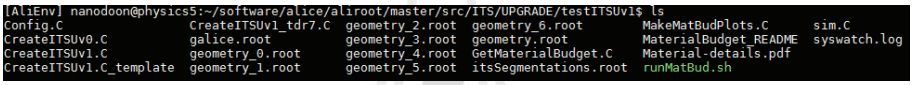
4) หลังจากทำการสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว ในขั้นต่อไปจะเป็นขั้นตอนของการจำลองแบบซึ่งจะเป็นการจำลองสถานการณ์ของการชนกันของอนุภาค หลังจากนั้น อนุภาคที่เกิดขึ้นจะถูกตรวจจับด้วยส่วนตรวจวัดต่าง ๆ เช่นเดียวกับห้องปฏิบัติการอลิซ การจำลองแบบสามารถทำได้โดยเข้าไปยังไดเร็คทอรี testITSUv1 แล้วใช้คำสั่ง:

`[HOME]$ AliRoot -q sim.C`



รูปที่ 3.12: ภาพแสดงขั้นตอนการสร้างวัตถุสำหรับการจำลองโดยใช้ขอบข่าย AliRoot เป็นตัวกำหนด

หลังจากทำการจำลองเสร็จสิ้น ผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานจะถูกเก็บรวบรวมไว้ในรูปของไฟล์ที่ชื่อว่า geometry.Root galice.Root itsSegmentations.Root ซึ่งไฟล์เหล่านี้จะถูกนำไปวิเคราะห์ผลต่อไป ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13: ภาพแสดงไฟล์ผลลัพธ์จากการจำลองแบบ

3.8 ALICE Grid Monitoring

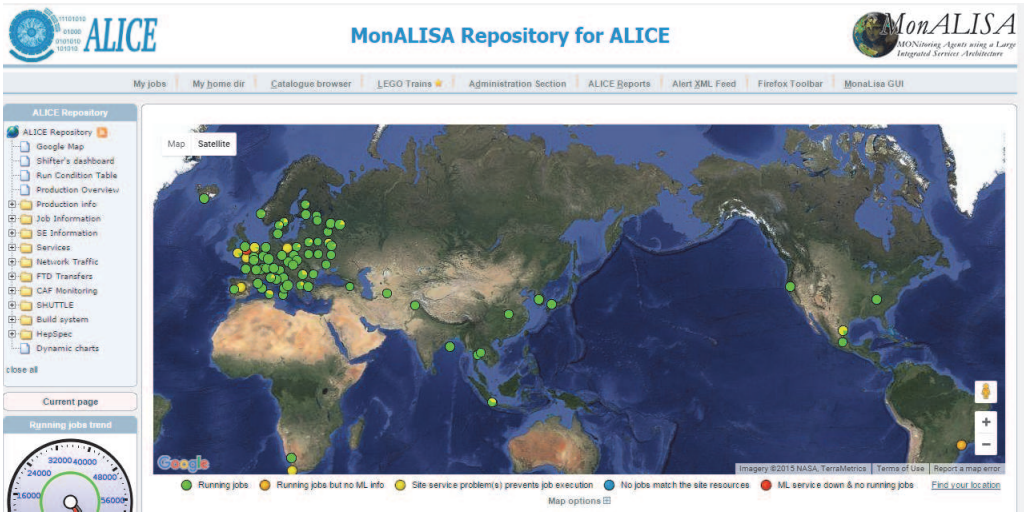
การทดลองของ ALICE ต้องใช้พื้นที่จัดเก็บข้อมูลในปริมาณมากและใช้การประมวลผลสูง จึงกระจายการจัดเก็บและการประมวลผลใน GRID Computing ที่มีหน่วยย่อยเป็นเครื่อง server ที่เข้าร่วมโครงการตามจุดต่างๆ ทั่วโลกดังรูป 3.14 ซึ่งในประเทศไทย มีระบบคอมพิวเตอร์ที่เข้าร่วม ALICE Grid อยู่ 2 แห่ง คือ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (SUT) ดังรูป 3.15

โดยระบบจัดการและติดตามการทำงานของข้อมูลและการประมวลผลบางประเภท ที่ได้เปิดให้ผู้ใช้งานทั่วโลกสามารถใช้ร่วมกันได้ ถูกพัฒนาโดย CalTech มาให้เป็นระบบติดต่อผ่านหน้าจอผ่านอินเตอร์เน็ตที่เรียกว่า MonALISA - Monitoring Agents using a Large Integrated Services Architecture

3.8.1 การติดตั้ง Certificate เพื่อเข้าใช้งาน

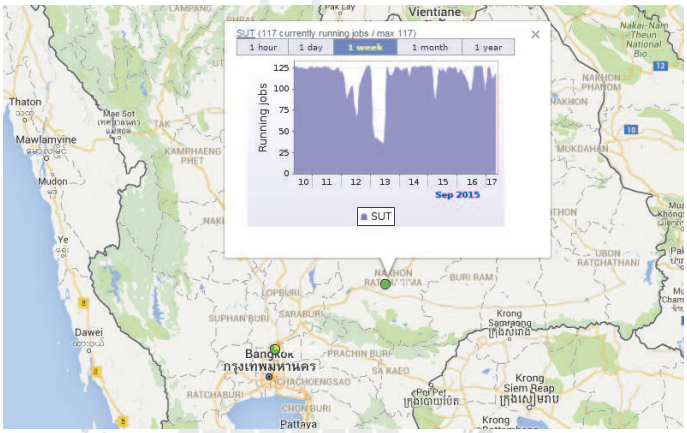
1) **ติดตั้ง Grid user certificate ใน Firefox**

Grid user certificate ที่ได้จากการสร้างจากเครื่องมือที่อยู่ในเว็บไซต์ https://gridca.cern.ch/gridca โดยปกติจะเป็นไฟล์ PKCS12 (นามสกุล .p12) การติดตั้งทำได้โดยป้อน



รูปที่ 3.14: แผนที่แสดงตำแหน่งระบบคอมพิวเตอร์ที่เข้าร่วม ALICE grid

ที่มา: http://alimonitor.cern.ch/map.jsp



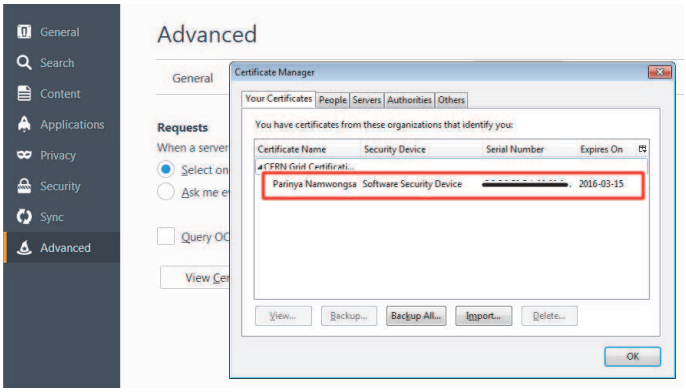
รูปที่ 3.15: แผนที่แสดงตำแหน่งระบบคอมพิวเตอร์ที่เข้าร่วม ALICE grid ในประเทศไทย

ที่มา: http://alimonitor.cern.ch/map.jsp

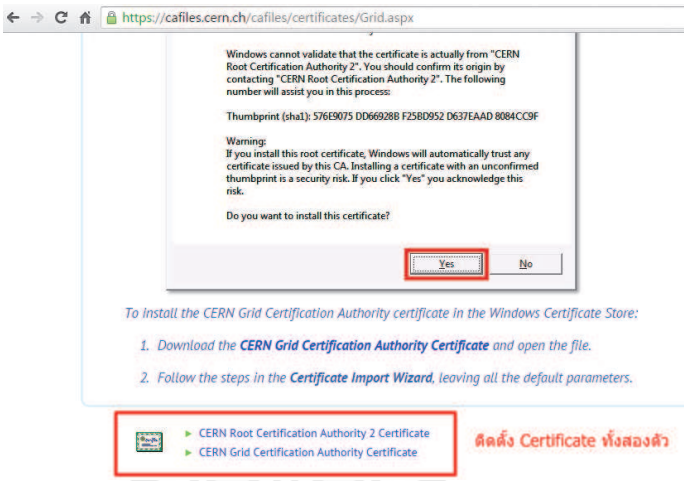
about:preferences♯advanced ในเว็บบราวเซอร์ Firefox เข้า View Certificates เลือกแถบ Your Certificates แล้ว Import ไฟล์นั้นเข้าไป ดังรูป 3.16

2) **ติดตั้ง Grid & Root certificate authority ใน Firefox**

ดาวน์โหลดไฟล์ Certificate authority ทั้งสองไฟล์ได้ที่ https://cafiles.cern.ch/cafiles/certificates/Grid.aspx (รูปที่ 3.17) แล้วดับเบิ้ลคลิกเพื่อติดตั้งทั้งสองไฟล์ เมื่อเสร็จแล้ว เข้าไปตรวจสอบได้ที่ about:preferences♯advanced เข้า View Certificates เลือกแถบ Authorities ดังรูป 3.18

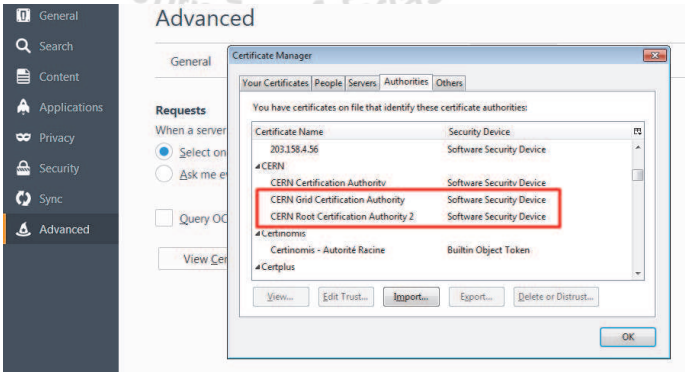


รูปที่ 3.16: แสดง Grid user certificate ที่ติดตั้งแล้ว



รูปที่ 3.17: เข้าไปดาวน์โหลดไฟล์ Certificate Authority ทั้งสองตัว

ที่มา: https://cafiles.cern.ch/cafiles/certificates/Grid.aspx



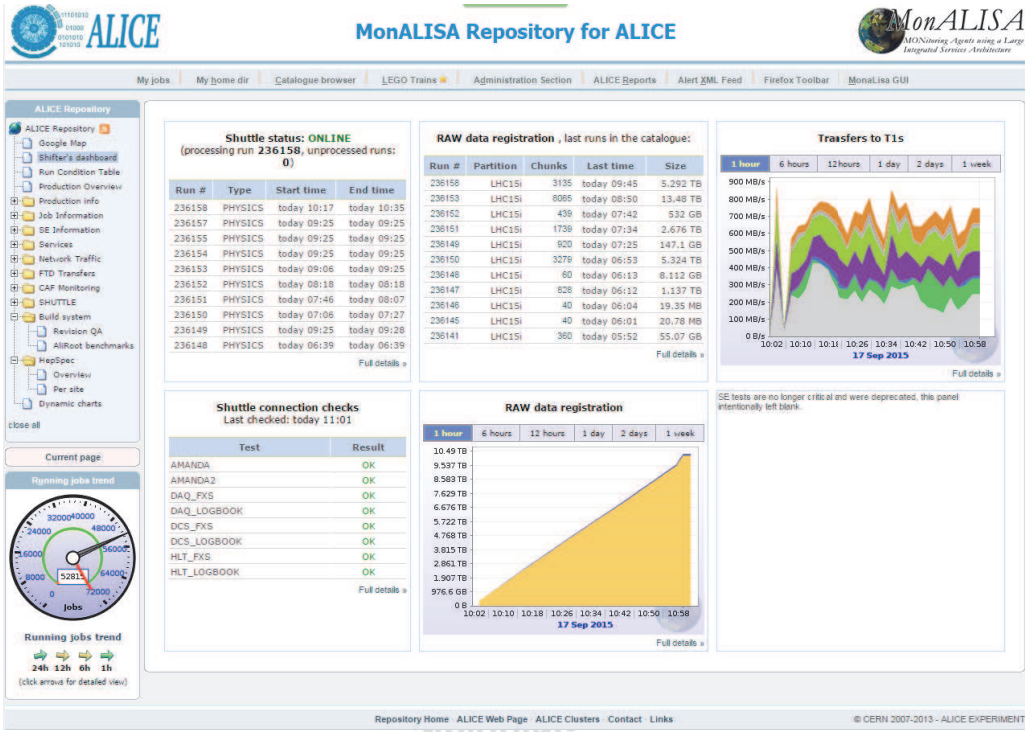
รูปที่ 3.18: แสดง Certification authority ที่ติดตั้งแล้ว

3.8.2 MonALISA Repository for ALICE

การเข้าถึง MonALISA กระทำผ่านลิงค์ http://alimonitor.cern.ch/ ซึ่งโดยปกติสามารถเข้าได้ทุกคน แต่หากเป็น ALICE member แล้วจะมีส่วนพิเศษที่เข้าถึงข้อมูลเฉพาะและการสั่งรันงานบนกริดได้ โดยปกติแล้วแยกตามวัตถุประสงค์ของความต้องการที่จะเฝ้าดูหรือที่จะทำงาน โดยจะขอกล่าวสรุปคร่าวๆ ในประเด็นหลักดังต่อไปนี้

1) **Dashboard - สถานะการทำงานกริดโดยรวม**

สถานะการทำงานกริดโดยรวม จะถูกแสดงไว้ในภาค ALICE Repository/Shifter's dashboard ดังแสดงในรูปที่ 3.19 โดยมีรายละเอียดหลักๆ ดังนี้

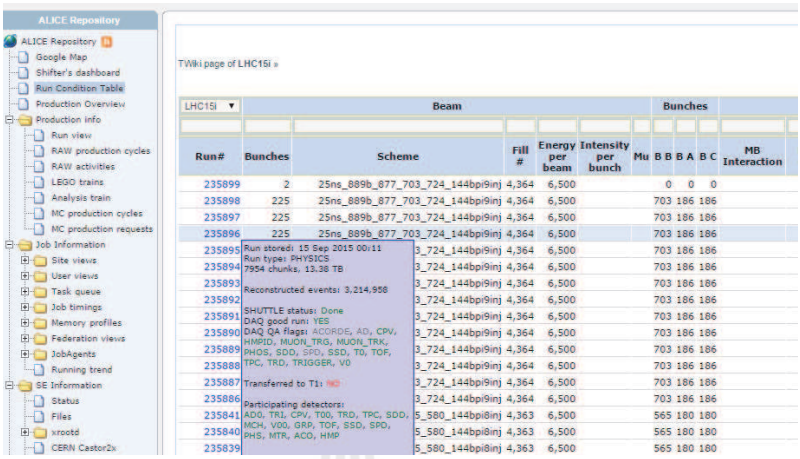


รูปที่ 3.19: หน้าจอแสดงการทำงานโดยรวมของ ALICE GRID
ที่มา: http://alimonitor.cern.ch/dashboard/

- Running jobs trend : แจ้งปริมาณงาน (jobs) ที่กำลังรันเทียบกับปริมาณที่สามารถรับได้ทั้งหมด
- Shuttle status : แจ้งสถานะชัทเติ้ลในแต่ละรัน
- RAW data registration : แจ้งสถานะข้อมูลดิบ (RAW) ที่จัดเก็บในแต่ละรัน
- Transfer to T1s : กราฟแสดงปริมาณข้อมูลที่ส่งเข้าระบบจัดเก็บในระดับ Tier-1
- Shuttle connection checks : แจ้งสถานการณ์ติดต่อกับชัทเติ้ล
- RAW data registration : กราฟแสดงปริมาณการจัดเก็บข้อมูลดิบ

2) **Run Condition Table - ตารางเงื่อนไขการรัน**

ในแต่ละการรันที่เสร็จสมบูรณ์แล้วจะถูกจัดเก็บข้อมูลพร้อมเงื่อนไข แล้วสรุปมาแสดงไว้ในตาราง ดังแสดงรูป 3.20 โดยที่อาจจะส่งข้อมูลไปยัง Tier 1 หรือยังไม่ส่งก็ได้

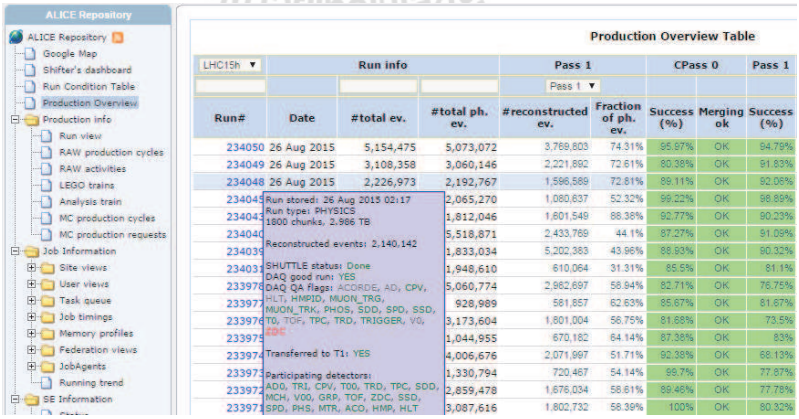


รูปที่ 3.20: ตารางแสดงข้อมูลพร้อมเงื่อนไขในแต่ละการรัน

ที่มา: https://alimonitor.cern.ch/configuration/

3) **Production Overview - ตารางข้อมูลการรัน**

นอกจากข้อมูลจะถูกจัดเก็บมาสรุปเป็นตารางเงื่อนไขการรันแล้ว (Run Condition Table) ยังมีอีกตารางที่แสดงสรุปการประมวลผลเหตุการณ์ (Events) ที่ถูกยืนยันว่าสามารถเอามาใช้งานต่อได้จริง (Reconstructed events) เทียบกับเหตุการณ์ดิบ ดังในรูป 3.21 ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนอกจากบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพของข้อมูลที่ได้แล้วยังเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับนำไปใช้ในงานวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis) ต่อไป

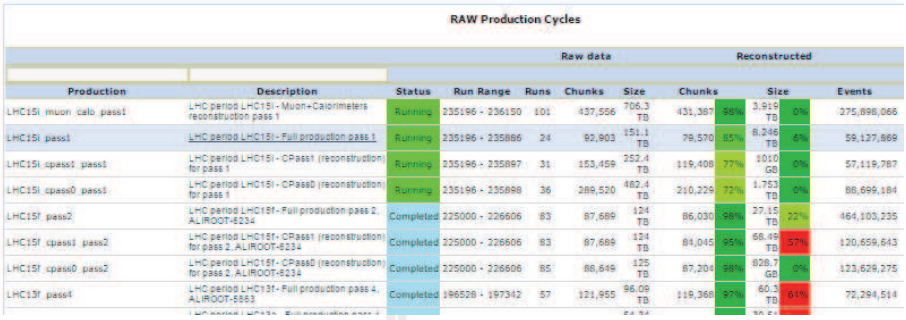


รูปที่ 3.21: ตารางแสดงข้อมูลพร้อมเงื่อนไขในแต่ละการรัน

ที่มา: http://alimonitor.cern.ch/configuration/pot.jsp

4) **Raw Production Cycles - ตารางข้อมูลโปรดักชั่น**

กลุ่มของการรัน (Run) จะเกิดจากความต้องการสำหรับงานหนึ่งงาน หรือที่เรียกว่าโปรดักชั่น (Production) ซึ่งจะมีรูปแบบรหัสคือ LHCXX? โดยที่ XX คือตัวเลขลำดับ และ ? คือตัวอักษรลำดับ ในแต่ละโปรดักชั่นจะมีรายละเอียด (Description) กำกับไว้ ดังรูป 3.22



RAW Production Cycles

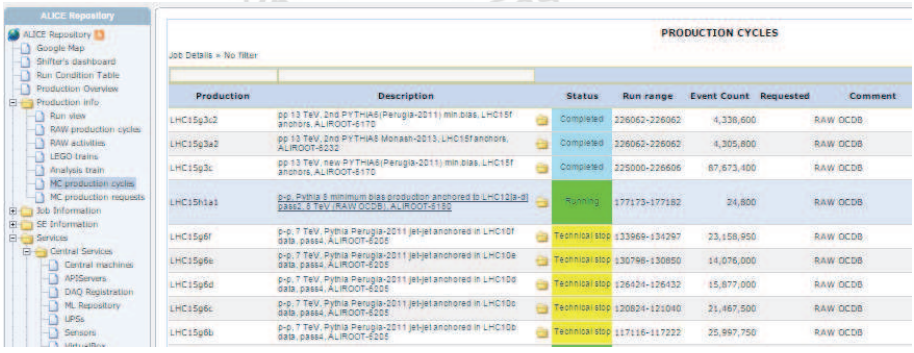
					Raw data		Reconstructed			
Production	Description	Status	Run Range	Runs	Chunks	Size	Chunks		Size		Events
LHC15l_muon_calo_pass1	LHC period LHC15l - Muon+Calorimeters reconstruction pass 1	Running	235196 - 236150	101	437,556	706.3 TB	431,387	98%	3.915 TB	0%	275,698,066
LHC15l_pass1	LHC period LHC15l - Full production pass 1	Running	235196 - 235886	24	92,903	151.1 TB	78,570	85%	6.246 TB	4%	59,127,869
LHC15l_cpass1_pass1	LHC period LHC15l - CPass1 (reconstruction) for pass 1	Running	235196 - 235897	31	153,459	252.4 TB	119,408	77%	1010 GB	0%	57,119,787
LHC15l_cpass0_pass1	LHC period LHC15l - CPass0 (reconstruction) for pass 1	Running	235196 - 235898	36	289,520	482.4 TB	210,229	72%	1.753 TB	0%	86,699,184
LHC15f_pass2	LHC period LHC15f - Full production pass 2, ALIROOT-6234	Completed	225000 - 226606	83	87,689	124 TB	86,030	98%	27.15 TB	22%	464,103,235
LHC15f_cpass1_pass2	LHC period LHC15f - CPass1 (reconstruction) for pass 2, ALIROOT-6234	Completed	225000 - 226606	83	87,689	124 TB	84,045	95%	68.49 TB	57%	120,659,643
LHC15f_cpass0_pass2	LHC period LHC15f - CPass0 (reconstruction) for pass 2, ALIROOT-6234	Completed	225000 - 226606	85	88,649	125 TB	87,204	98%	828.7 GB	0%	123,629,275
LHC13f_pass4	LHC period LHC13f - Full production pass 4, ALIROOT-5853	Completed	196528 - 197342	57	121,955	96.09 TB	119,368	97%	60.3 TB	61%	72,294,514

รูปที่ 3.22: ตารางแสดงข้อมูลพร้อมเงื่อนไขในแต่ละการรัน

ที่มา: https://alimonitor.cern.ch/production/raw.jsp

5) **MC Production Cycles - ตารางข้อมูลโปรดักชั่นมอนติคาโล**

โปรดักชั่นอีกชุดที่จะต้องใช้คู่กันในงานวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาอนุภาคหรือปริมาณทางฟิสิกส์ที่ต้องการ คือ โปรดักชั่นจาก event generator ที่โดยปกติใช้วิธีการมอนติคาโล (Monte Carlo Method) ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญอีกตัว โดยแต่ละโปรดักชั่นชนิดนี้จะถูกร้องขอ (Request) ให้มีการรันเป็นงาน ๆ ไป (Jobs) ในรูปแบบต่าง ๆ ตามความต้องการผ่านกลุ่มงานฟิสิกส์ (PWG - Physics Working Group) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการติดตามสถานะของงานที่ถูกร้องขอไปแล้ว ดังรูป 3.23



PRODUCTION CYCLES

Production	Description	Status	Run range	Event Count	Requested	Comment
LHC15g3c2	pp 13 TeV, 2nd PYTHIA6(Perugia-2011) min.bias, LHC15f anchors, ALIROOT-5170	Completed	226062-226062	4,336,600		RAW OCDB
LHC15g3a2	pp 13 TeV, 2nd PYTHIA8 Monash-2013, LHC15f anchors, ALIROOT-5232	Completed	226062-226062	4,305,800		RAW OCDB
LHC15g3c	pp 13 TeV, new PYTHIA6(Perugia-2011) min.bias, LHC15f anchors, ALIROOT-5170	Completed	225000-226606	67,673,400		RAW OCDB
LHC15h1a1	p-p, Pythia 6 minimum bias production anchored to LHC13[a-d] pass2, 5 TeV (RAW OCDB), ALIROOT-5152	Running	177173-177182	24,800		RAW OCDB
LHC15g6f	p-p, 7 TeV, Pythia Perugia-2011 jet-jet anchored in LHC10f data, pass4, ALIROOT-6205	Technical stop	133969-134297	23,158,950		RAW OCDB
LHC15g6e	p-p, 7 TeV, Pythia Perugia-2011 jet-jet anchored in LHC10e data, pass4, ALIROOT-6205	Technical stop	130798-130850	14,076,000		RAW OCDB
LHC15g6d	p-p, 7 TeV, Pythia Perugia-2011 jet-jet anchored in LHC10d data, pass4, ALIROOT-6205	Technical stop	126424-126432	15,877,000		RAW OCDB
LHC15g6c	p-p, 7 TeV, Pythia Perugia-2011 jet-jet anchored in LHC10c data, pass4, ALIROOT-6205	Technical stop	120824-121040	21,467,500		RAW OCDB
LHC15g6b	p-p, 7 TeV, Pythia Perugia-2011 jet-jet anchored in LHC10b data, pass4, ALIROOT-6205	Technical stop	117116-117222	25,997,750		RAW OCDB

รูปที่ 3.23: ตารางแสดงข้อมูลพร้อมเงื่อนไขในแต่ละการรัน

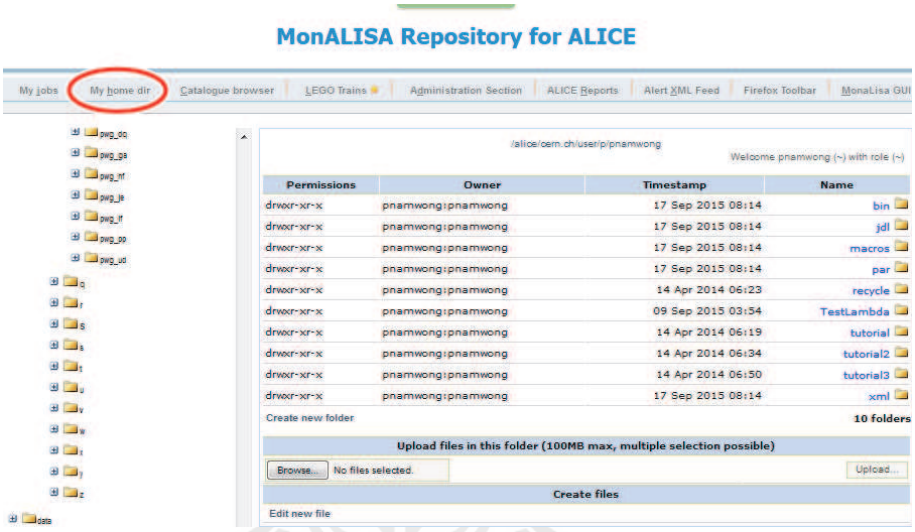
ที่มา: https://alimonitor.cern.ch/job_details.jsp

3.8.3 MonALISA กับงานวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis)

ในงานวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis) จะกระทำผ่านเครื่องมือ AliEN (ALICE Environment) ภายใต้เครื่องมือ AliRoot (AliRoot framework) ซึ่งสามารถเข้าติดตามสถานะการสั่งงานในรูปแบบต่าง ๆ ผ่าน MonALISA ได้ ดังนี้

1) **My home dir - แฟ้มที่เก็บข้อมูล**

เป็นที่เก็บข้อมูลไฟล์ทำงาน โค๊ดโปรแกรม และผลลัพท์ที่ได้จากการประมวลผลในระบบกริด (3.24) โดยสามารถทำการเก็บไฟล์ (Upload) หรือดึงไฟล์ (Download) ผ่านหน้าเวบบราวเซอร์ได้ แล้วผู้ใช้ทุกคนยังสามารถเข้าดูแฟ้มข้อมูลรวมและของผู้อื่นได้ด้วย



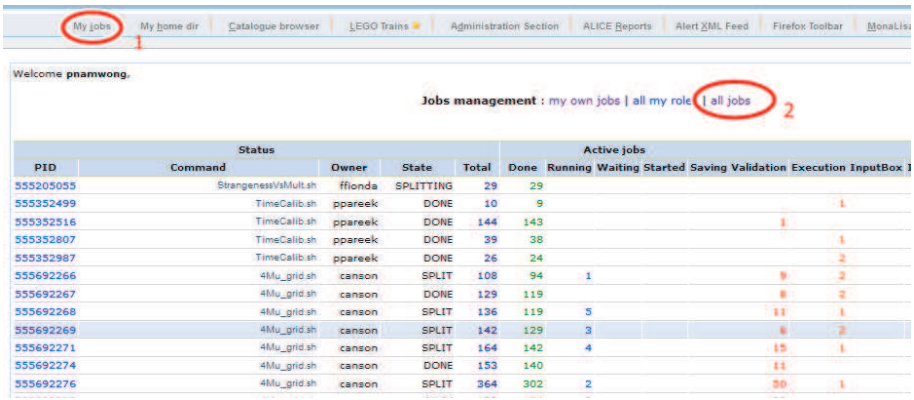
รูปที่ 3.24: แสดงแฟ้มที่เก็บข้อมูลของผู้ใช้ในระบบกริด
ที่มา: https://alimonitor.cern.ch

2) **Analysis train - สถานะการประมวลผล**

ในส่วน My jobs จะแสดงสถานะการประมวลผลงานที่สั่งเข้าไป แล้วยังสามารถดูทุกงานที่ถูกสั่งรันในระบบกริดได้ด้วย ดังรูป 3.25

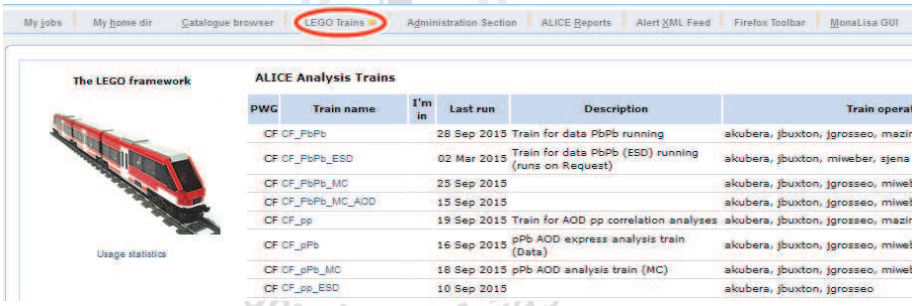
3) **LEGO trains**

เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีปริมาณสูงมาก และข้อมูลแต่ละส่วนย่อยของการทดลองมีความซับซ้อน การเรียกใช้ข้อมูลเฉพาะกลุ่มหัววัดหรือกลุ่มการทดลองที่ต้องการสำหรับแต่ละงานวิเคราะห์ที่สั่งเข้าไป ระบบกริดจะต้องทำการสร้างดัชนีใหม่ทุกครั้งซึ่งตัวดัชนีก็ยังคงมีปริมาณข้อมูลสูงและซับซ้อนเช่นเดียวกัน ดังนั้นทุก ๆ งานที่สั่งเข้าไปจึงจำเป็นที่จะสร้างทรัพยากรใหม่นี้ทุกครั้งไป ผลลัพท์คือทำให้ระบบกริดทำงานอย่างขาดประสิทธิภาพ



รูปที่ 3.25: แสดงสถานะประมวลผลงานที่สั่งไปในระบบกริด
ที่มา: https://alimonitor.cern.ch

ระบบ LEGO trains จึงถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อลดการสร้างดัชนีซ้ำซ้อน โดยสร้างดัชนีของกลุ่มข้อมูลที่ถูกเรียกใช้บ่อย ๆ มาตั้งเป็นหนึ่งขบวนงาน (Train) ที่แบ่งตามชนิดของงานนั้น ๆ แล้วสั่งรันงานผ่านขบวนงานแทนที่จะสร้างดัชนีขึ้นใหม่ ซึ่งการทำเช่นนี้ระบบกริดจะสามารถแยกงานสั่ง (Task) ชนิดเดียวกันไปเรียงต่อในแถวงานของขบวนที่เกี่ยวข้องนั้นๆ ให้เองได้ ดังรูป 3.26 ผลที่ได้คือลดการประมวลผลดัชนีข้อมูลลงทำให้ระบบกริดว่างมากขึ้นเพื่อรองรับงานที่เพิ่มขึ้นต่อไป



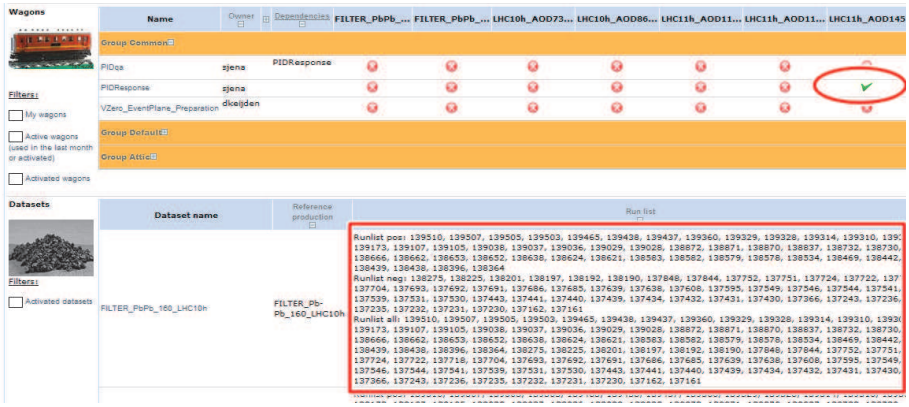
รูปที่ 3.26: แสดงขบวนงาน (Train) แต่ละประเภท
ที่มา: https://alimonitor.cern.ch

ตัวอย่างเช่น เมื่อเข้าไปดูขบวนงานของการทดลองการชนกันของตะกั่ว-ตะกั่ว (รูป 3.27) จะพบรายละเอียดเพิ่มเติมเช่น เลขที่การรันหรือกลุ่มชุดข้อมูลที่อยู่ในดัชนีของงานนี้ เป็นต้น

3.9 AliEn - ALICE Environment

การเข้าถึงข้อมูลการทดลองและพื้นที่ทำงานสำหรับเขียนโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์ข้อมูล จะกระทำผ่านเครื่องมือ ALICE Environment (AliEn) ในระบบกริดที่สามารถเข้าถึงผ่านระบบเครือข่ายได้ทั่วทุกมุมโลก

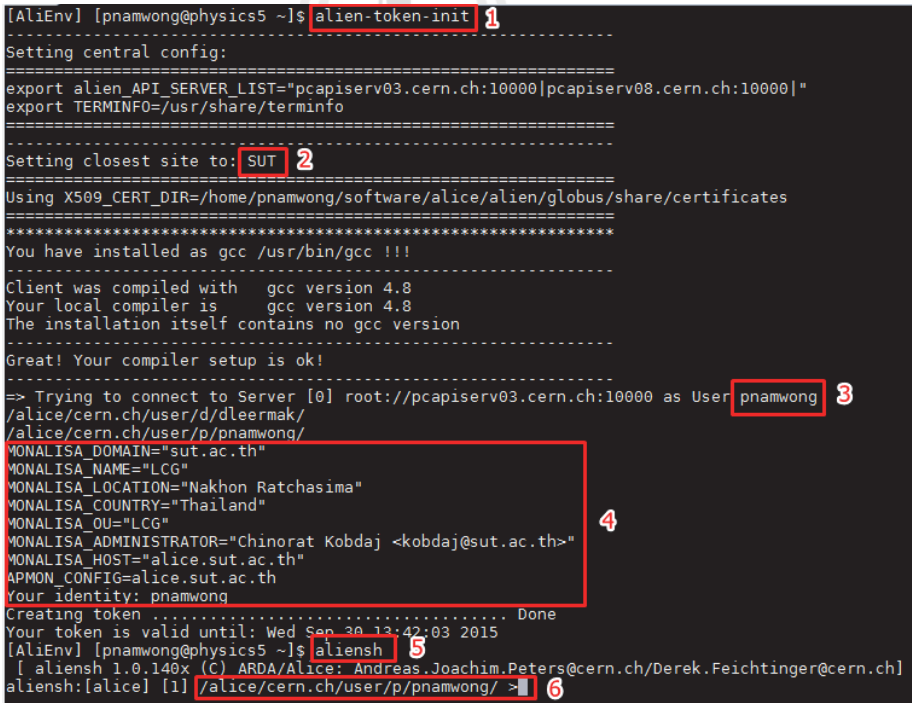
- การเข้าใช้งาน AliEn จะกระทำผ่าน Terminal เท่านั้นบนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งเครื่องมือไว้ ดัง



รูปที่ 3.27: แสดงขบวนงานของการทดลองประเภท Pb-Pb

ที่มา: https://alimonitor.cern.ch

แสดงวิธีการในรูป 3.28 โดยเริ่มต้นที่การติดต่อกับระบบ AliEn ผ่านคำสั่ง alien-token-init (1) แล้วตามด้วยการเข้าไปยังพื้นที่ทำงาน (Shell) โดยคำสั่ง aliensh (5) ซึ่งระหว่างนี้แสดงโครงสร้างของระบบคร่าว ๆ คือ แจ้งหน่วยย่อยของระบบที่ใกล้ที่สุดที่ทำการติดต่อ (2) แจ้งชื่อผู้ใช้ (3) แจ้งหน่วยย่อยของผู้ใช้ที่สังกัด (4) และเมื่อหลังจากเข้าไปในพื้นที่แล้วจะพบเส้นทางหรือตำแหน่งของพื้นที่ของเราในระบบกริด (6)



รูปที่ 3.28: แสดงการเชื่อมต่อกับระบบ ALICE Environment

- พื้นที่ทำงานนี้สามารถใช้คำสั่งพื้นฐานของ Linux ได้เช่น ls, cd, mkdir/rmdir, cat, more, pwd,

whoami เป็นต้น

- การสั่งงานเข้าระบบกริด ใช้คำสั่ง submit แล้วตามด้วยชื่อไฟล์สคริปท์ JDL (.jdl)
- การดูสถานะงานที่สั่งไปแล้วในระบบกริด ใช้คำสั่ง ps
- สามารถคัดลอกไฟล์ไปมาระหว่างพื้นที่ใน AliEn กับเครื่อง ด้วยคำสั่ง cp โดยตำแหน่งแฟ้มในส่วนเครื่อง (local) ให้ขึ้นต้นด้วย 'file:'
- การออกจาก AliEn ใช้คำสั่ง exit เหมือนคำสั่ง unix/linux ปกติ
- สิ้นสุดการต่อกับระบบกริด AliEn โดยใช้คำสั่ง alien-token-destroy

3.10 AliEn Plugins

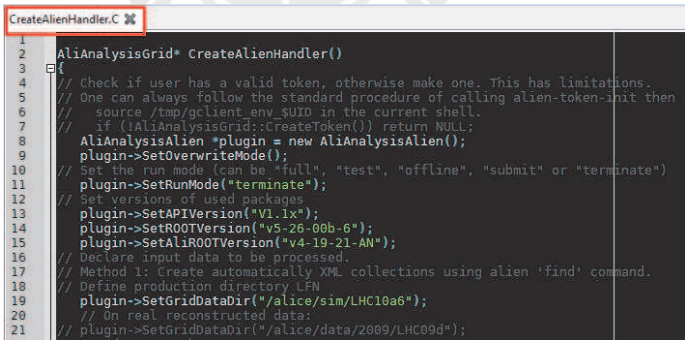
AliEn Plugins เป็นเครื่องมือในรูปชุดคำสั่ง ที่ช่วยให้สามารถส่งงานเข้าไปประมวลผลในระบบกริด AliEn ในขณะที่ยังทำงานอยู่ภายใต้พื้นที่ทำงาน ROOT ในเครื่องของเราได้

การใช้งาน plugin มีขั้นตอนดังนี้

1) สร้างโฟลเดอร์งานในระบบกริดเช่น 'work' และโฟลเดอร์ผลลัพท์ 'work/output'

2) สร้างโฟลเดอร์งานในเครื่องเช่นแล้วเข้าโฟล์เดอร์นั้น

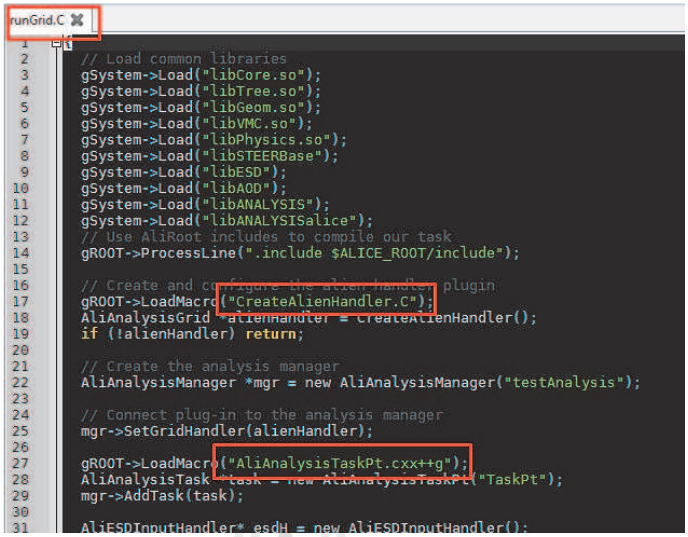
3) สร้างไฟล์ configuration ในรูป .C ไฟล์ โดยสามารถโหลดตัวอย่างพื้นฐานได้จาก http://aliweb.cern.ch/secure/Offline/sites/aliceinfo.cern.ch.secure.Offline/files/uploads/AnalysisTrain/CreateAlienHandler.C ซึ่งจะแสดงให้เห็นดังตัวอย่างในรูป 3.29



รูปที่ 3.29: ตัวอย่าง รายละเอียดในไฟล์ configuration

4) ดาวน์โหลดไฟล์คลาสโมดูลงานวิเคราะห์ 'AliAnalysisTaskPt.h' (http://aliweb.cern.ch/secure/Offline/sites/aliceinfo.cern.ch.secure.Offline/files/uploads/AnalysisTrain/AliAnalysisTaskPt.h) กับ 'AliAnalysisTaskPt.cxx' (http://aliweb.cern.ch/secure/Offline/sites/aliceinfo.cern.ch.secure.Offline/files/uploads/AnalysisTrain/AliAnalysisTaskPt.cxx) มาไว้เพื่อมาเป็นวัตถุ (Object)พื้นฐานในการเขียนสคริปท์โปรแกรม

5) กำหนดไฟล์มาโครสำหรับสั่งทำงานบนกริดที่มีนามสกุลเป็น .C โดยสามารถโหลดตัวอย่างพื้นฐานได้จาก http://aliweb.cern.ch/secure/Offline/sites/aliceinfo.cern.ch.secure.Offline/files/uploads/AnalysisTrain/runGrid.C ซึ่งจะแสดงให้เห็นดังตัวอย่างในรูปที่ 3.30 จะสังเกตเห็นว่าในไฟล์นี้มีการอ้างถึงไฟล์ configuration และไฟล์คลาสโมดูลด้วย



รูปที่ 3.30: ตัวอย่าง รายละเอียดในไฟล์มาโคร สำหรับสั่งทำงานบนกริด

6) รันมาโครโดยคำสั่ง root runGrid.C หากไม่มีข้อผิดพลาดใดๆ มาโครจะสร้างไฟล์ JDL (.jdl) ไว้ในโฟลเดอร์ย่อย /output ที่ถูกสร้างไว้ภายใต้โฟลเดอร์งานบนกริด

7) เข้ากริด AliEn โดยคำสั่ง aliensh

8) เข้าโฟล์เดอร์ย่อย /output ในโฟลเดอร์งาน แล้วสั่งให้กริดเริ่มทำการประมวลผลงาน โดยใช้คำสั่ง เช่น ‘submit runGrid.jdl’

9) เมื่องานประมวลผลเสร็จ ผลลัพท์จะอยู่ใน /output ในโฟลเดอร์งานบนกริด

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานและแผนงานในระยะต่อไป

4.1 ผลการดำเนินงาน

ผลงานตีพิมพ์ที่เป็นงานวิจัยทำร่วมกับ อลิซ ที่ออกในนาม the ALICE Collaboration ในเฟสที่ 2 นั้น เป็นผลงานที่เกิดขึ้นในปี 2556 มีดังนี้

1) ALICE Collaboration, “Centrality, rapidity and transverse momentum dependence of J/Ψ suppression in Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}}$ = 2.76 TeV ”, Phys.Lett. B734 (2014) 314-327.

2) ALICE Collaboration, “Two and Three-Pion Quantum Statistics Correlations in Pb-Pb Collisions at $\sqrt{s_{NN}}$ = 2.76 TeV at the CERN Large Hadron Collider”, Phys.Rev. C89 (2014) 024911.

3) ALICE Collaboration, “J/Ψ production and nuclear effects in p-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}}$ = 5.02 TeV”, JHEP 1402 (2014) 073.

4) ALICE Collaboration, “Multiplicity Dependence of Pion, Kaon, Proton and Lambda Production in p-Pb Collisions at $\sqrt{s_{NN}}$ = 5.02 TeV”, Phys.Lett. B728 (2014) 25-38.

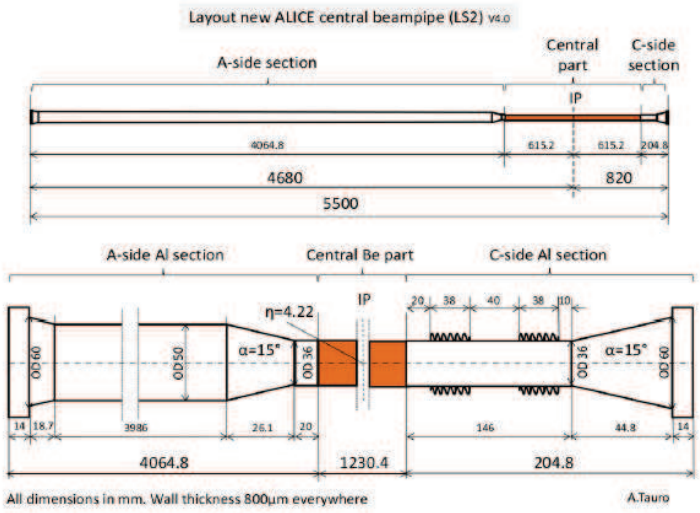
5) ALICE Collaboration, “Multi-strange baryon production at mid-rapidity in Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}}$ = 2.76 TeV”, Phys.Lett. B728 (2014) 216-227.

4.1.1 การจำลองระบบการทำงานของท่อลำเลียงแสงที่ปรับปรุงใหม่ของ ALICE

ในช่วงปี 2555-2556 หัวหน้าโครงการ ได้ไปปฏิบัติการวิจัยที่ ALICE, CERN เป็นช่วงเดียวกับที่โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเซิร์น ได้ส่งนักศึกษา 1 คน คือ นาย นวเดโช ชาญขุนทด เข้าไปปฏิบัติการวิจัยที่ ALICE ในหัวข้อ The New Model of Central Beam Pipe in The Inner Tracking System (ITS) of the

ALICE Experiment โดยเป็นการให้คำปรึกษาร่วมกัน ระหว่าง นักวิจัยไทย คือ ผศ. ดร. ชิโนรัตน์ กอบเดช จาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และ ดร. นรพัทธ์ ศรีมโนภาษ จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยกับนักวิจัยที่ ALICE คือ Dr. Stefan Rossegger, Dr. Andraes Morsch, Dr. Martin Poghosyan

Beampipe คือ ท่อที่ใช้ในการลำเลียงอนุภาค โดยปกติทำจากอลูมิเนียม ในบริเวณที่เกิดการชนกันของอนุภาค หรือ ที่เรียกว่า Interaction Point (IP) บริเวณนี้จะทำจากแบริลเลียม เนื่องจากมีค่าเลขอะตอมเท่ากับ 4 ความหนาแน่นต่ำ (1.85 g/cm^3) ทำให้อนุภาคที่เกิดจากการชนที่ IP สามารถทะลุผ่านไปสู่หัววัดต่าง ๆ โดยรอบได้โดยไม่สูญเสียพลังงานมากนัก ในขณะเดียวกันก็มีความแข็งแรงเพียงพอที่จะทำให้เกิดระบบสุญญากาศภายในได้ และยังมีเสถียรภาพทางความร้อนที่ช่วยให้สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องที่อุณหภูมิเพียงไม่กี่องศาเหนือศูนย์องศาสัมบูรณ์ นอกจากนี้ความเป็นสารชนิด diamagnetic ทำให้ไม่ถูกรบกวนจากแม่เหล็กต่าง ๆ ที่มีอยู่ในระบบของหัววัด



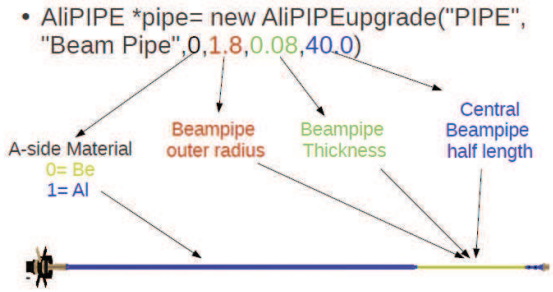
รูปที่ 4.1: ภาพวาดแสดงท่อลำเลียงที่ปรับปรุงใหม่ของ ALICE

(ที่มา:ALICE TDR)

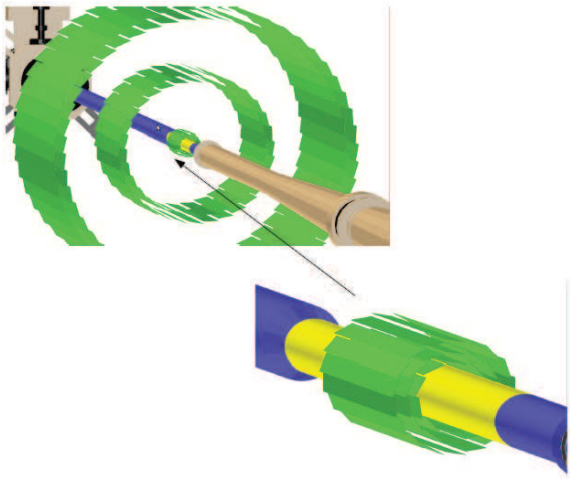
ขั้นตอนในการศึกษาคือ

- เขียนคำสั่งในการสร้างรูปด้วย C++ ใน class ที่ชื่อว่า AliPIPEupgrade.cxx โดยมี header file ชื่อ AliPIPEupgrade.h และสามารถเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ต่าง ๆ เช่น ชนิดของวัสดุที่ใช้ รัศมีของท่อ ความหนาของวัสดุที่ใช้ และความยาวของท่อ เป็นต้น ใน Config.C ให้สอดคล้องกับที่ออกแบบไว้ในรูป 4.1
- แก้ปัญหา overlapping หรือ การซ้อนทับกันของรูปทรงเรขาคณิตที่มาประกอบกันเป็น beampipe
- จำลองการเคลื่อนที่ของอนุภาคผ่าน Beampipe และ Inner Tracking System (ITS) ดังรูปที่ 4.3 โดยใช้ event generator ชนิด HIJING ซึ่งจะสร้าง output file ชื่อ galice.root, kinematics.root และ Trackrefs.root ออกมาเพื่อนำมาวาดกราฟเปรียบเทียบต่อไป

ผลการศึกษาที่ได้สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

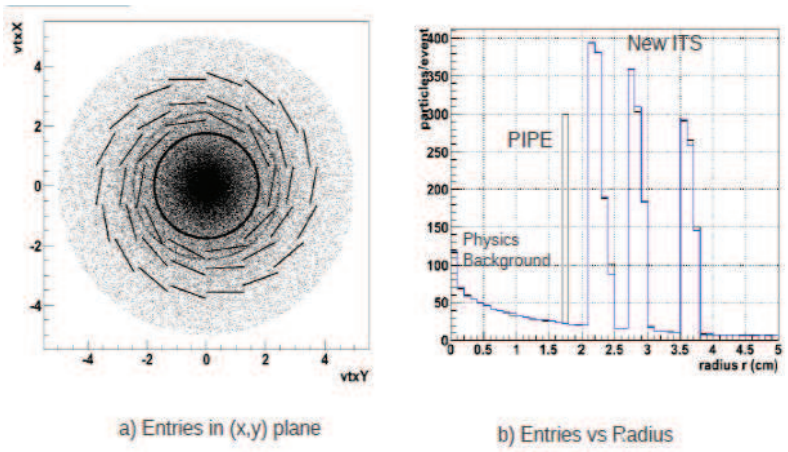


รูปที่ 4.2: การสร้างภาพ 3 มิติของ Beampipe และการปรับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ

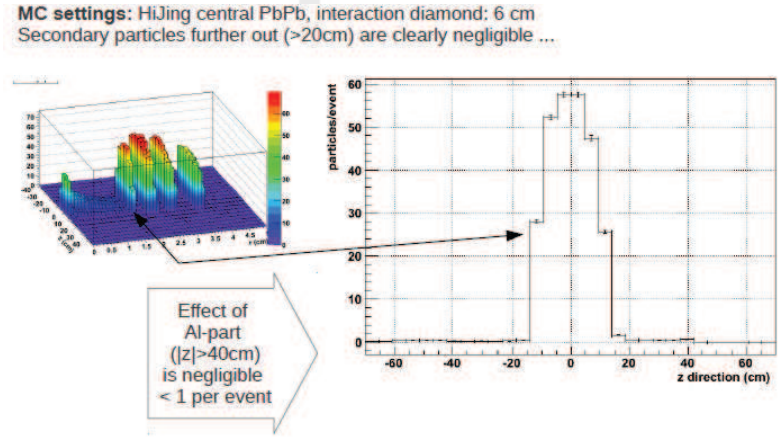


รูปที่ 4.3: ภาพ Beampipe และ ITS ที่ใช้ในการจำลองการเคลื่อนที่ผ่านของอนุภาค

- ภาพที่ 4.4 a) แสดงภาคตัดขวางของ Beampipe และ ITS โดยจะเห็นความหนาแน่นของจุดที่บริเวณกึ่งกลางมีค่ามากที่สุดเนื่องจากเป็น IP ถัดมาเป็นวงกลมเส้นทึบคือ บริเวณที่เป็นรัศมีของ beampipe ส่วนวงกลมจาง ๆ ที่รัศมี 2.5 เซนติเมตร คือ อลูมิเนียมส่วนที่เป็นกรวยในบริเวณของด้าน A (cylindrical part of the A-side Al section) ในรูป 4.1 และ สามวงด้านนอก คือ ชั้นทั้ง 3 ของ ITS ที่อยู่ติดกับ beampipe (รูปด้านล่างในภาพ 4.3)
- ภาพที่ 4.4 b) แสดงจำนวนอนุภาคที่วัดได้ จาก IP ถึงชั้นนอกสุดของ ITS โดยเส้นสีดำคือการคำนวณ Monte Carlo โดยไม่มี beampipe สำหรับเส้นสีน้ำเงิน คือ การคำนวณ Monte Carlo ที่มี beampipe จะเห็นว่า ผลของการใช้ beampipe ใหม่ที่ปรับปรุงนี้ ไม่ได้ลดจำนวนอนุภาคที่สามารถวัดได้โดย ITS
- ผลการคำนวณโดยใช้ HIJING ตามแนวแกน z หรือ ตามความยาวของท่อนั้น พบว่า ที่ระยะ $|z| > 40$ เซนติเมตร นั้น ทั้งด้านซ้ายและขวาไม่มีผลใด ๆ เกิดขึ้น ดังนั้นความยาวของส่วนที่เป็นแบริลเลียมเพียง 80 เซนติเมตรก็เพียงพอ
- รูป 4.6 แสดงถึงผลกระทบของวัสดุที่ใช้ทางด้าน A หรือ ที่เรียกว่าเป็น forward direction จะเห็นว่ามีความแตกต่างอย่างชัดเจนระหว่างแบริลเลียมและอลูมิเนียม โดยค่าที่ทำการจำลองมีค่า

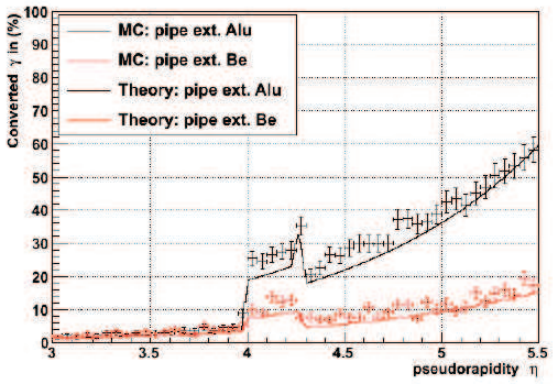


รูปที่ 4.4: a) ภาพภาคตัดขวางของ Beampipe และ ITS b) ภาพแสดงจำนวนอนุภาคที่วัดได้ จาก IP ถึงชั้นนอกสุดของ ITS



รูปที่ 4.5: ภาพแสดงผลการจำลองเพื่อหาความยาวที่เหมาะสมของส่วนที่เป็นแบริลเลียม

แตกต่างกันถึง 60% ที่ pseudorapidity (η) มีค่าเท่ากับ 5.5



รูปที่ 4.6: ภาพแสดงการเปรียบเทียบผลของการใช้แบริลเลียมและอลูมิเนียมเทียบกับค่าทางทฤษฎีในการทำให้เกิดรังสีแกมมา ทางด้าน A

จากการศึกษาโครงสร้างทางเรขาคณิตของ beampipe ด้วยวิธีการจำลองค่าพบว่า beampipe ใหม่นี้ มี

ผลกระทบน้อยมากกับจำนวนอนุภาคที่ ITS สามารถวัดได้ กล่าวคือไม่ทำให้อนุภาคที่เกิดขึ้นจากการชนสูญเสียพลังงานในการทะลุผ่านและก่อให้เกิดผลของ background ต่ำ

4.2 แผนงานในระยะต่อไป

ในระยะต่อไปทางผู้วิจัยได้เสนอแนวทางในการศึกษาและพัฒนาระบบ Inner Tracking System (ITS) ทั้งในส่วนที่เป็นการจำลองค่าด้วย software เพื่อศึกษาผลกระทบของวัสดุ (Material Budget Study) ที่ใช้ทำเป็นโครงสร้างสนับสนุนของ ITS และการศึกษาสมบัติของเซนเซอร์ที่จะนำมาใช้ติดตั้งในระบบ ITS ร่วมกับสถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน) ศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์ และ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ทั้งนี้งบประมาณสนับสนุนได้รับจาก ต้นสังกัดของหน่วยงานที่เข้าร่วมในโครงการและสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เอกสารอ้างอิง

[1] ALICE Collaboration, Technical Proposal, CERN/LHCC 95-71

[2] http://alisoft.cern.ch/offline

[3] http://root.cern.ch

[4] gLite (Lightweight Middleware for GRID Computer), http://glite.web.cern.ch/glite

[5] PANDA (Antiproton Anihilation in Darmstadt) experiment, http://gsi.de/panda

[6] xrootd, http://xrootd.org/

[7] Scalla (Scalable Cluster Architecture for Low Latency Access), http://xrootd.org/papers/Scalla-Intro.pdf

[8] GRIDFTP, http://www.globus.org/toolkit/data/gridftp/

[9] SRM (Storage Resource Management), https://sdm.lbl.gov/srm-wg/

[10] CASTOR (CERN Advanced STORage manager), http://castor.web.cern.ch/castor/

[11] dCache, http://www.dcache.org/

[12] DPM (Disk Pool Manager), http://www.gridpp.ac.uk/wiki/Disk_Pool_Manager

[13] MonALISA, http://monalisa.caltech.edu

[14] ApMon (Application Monitoring API), http://monalisa.caltech.edu

[15] VOBox (Virtual Organization Box), http://alien.cern.ch/

[16] MonALISA Repository, http://alimonitor.cern.ch/map.jsp

[17] S. Bagnasco, et al ., Journal of Physics: Conference Series 219 (2010) 042055

[18] ALICE Collaboration, B. Abelev, et al., J.Phys. G41 (2014) 087002

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

[19] Rene Bruna and Fons Rademaker, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 389 (1997) 81-86

[20] I. Antcheva , et al ., Computer Physics Communications 180 (2009) 2499–2512

[21] S. Agostinelli , et al ., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 506 (2003) 250–303

[22] http://www.gnu.org/licenses/

[23] http://www.gnu.org/software/gsl/

[24] http://seal.web.cern.ch/seal/snapshot/work-packages/mathlibs/minuit/

[25] http://statmath.wu.ac.at/unuran/

[26] http://jadach.web.cern.ch/jadach/Foam/

[27] http://www.fftw.org/

[28] http://tmva.sourceforge.net/

[29] https://root.cern.ch/roofit

[30] https://twiki.cern.ch/twiki/bin/view/RooStats/WebHome

[31] https://www.opengl.org/

[32] http://savannah.cern.ch/projects/AliRoot

[33] http://if.pw.edu.pl/ majanik/AlirootTutorial/index.php/Installation_instructions

[34] http://science.sut.ac.th/physics/ALICE/Aliceshare/index.html

[35] https://dberzano.github.io/alice/install-aliroot/